electronic Ergänzungskasten

INGMAR

2069



195 x 255

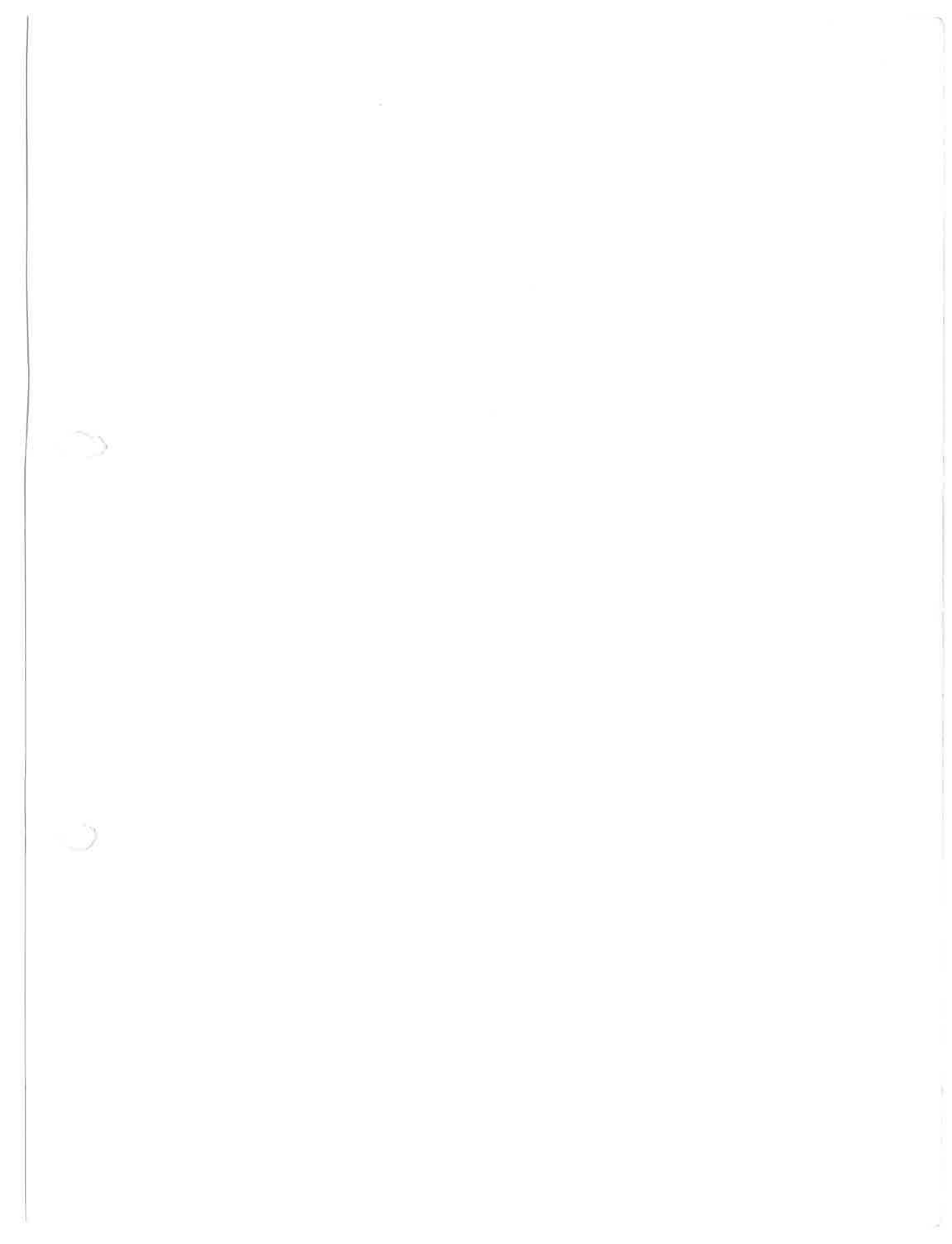
Anleitungsbuch

Weiterführende Experimente
und Schaltungen für die Besitzer der Electronic-Studios 2065 oder 2060 + 2061



In Zusammenarbeit mit dem Elektronik-Magazin







Anleitungsbuch für ca. 70 weiterführende Experimente und Schaltungen für die Besitzer der Electronic-Studios 2065 oder 2060 + 2061

Produktion und Vertrieb:

BUSCH-Modellspielwaren
Postfach 1360
D 6806 Viernheim

In Zusammenarbeit mit dem

ELO-Magazin Franzis-Verlag
Postfach 370120
8000 München 37



Zusätzlich erforderlich:
Eine Batterie 9 V (IEC 6 F 22)
oder Netzteil 2059

Layout und Darstellungen:
Wuthe-Werbung, Viernheim

Printed in W.-Germany

8/81

Wir experimentieren weiter

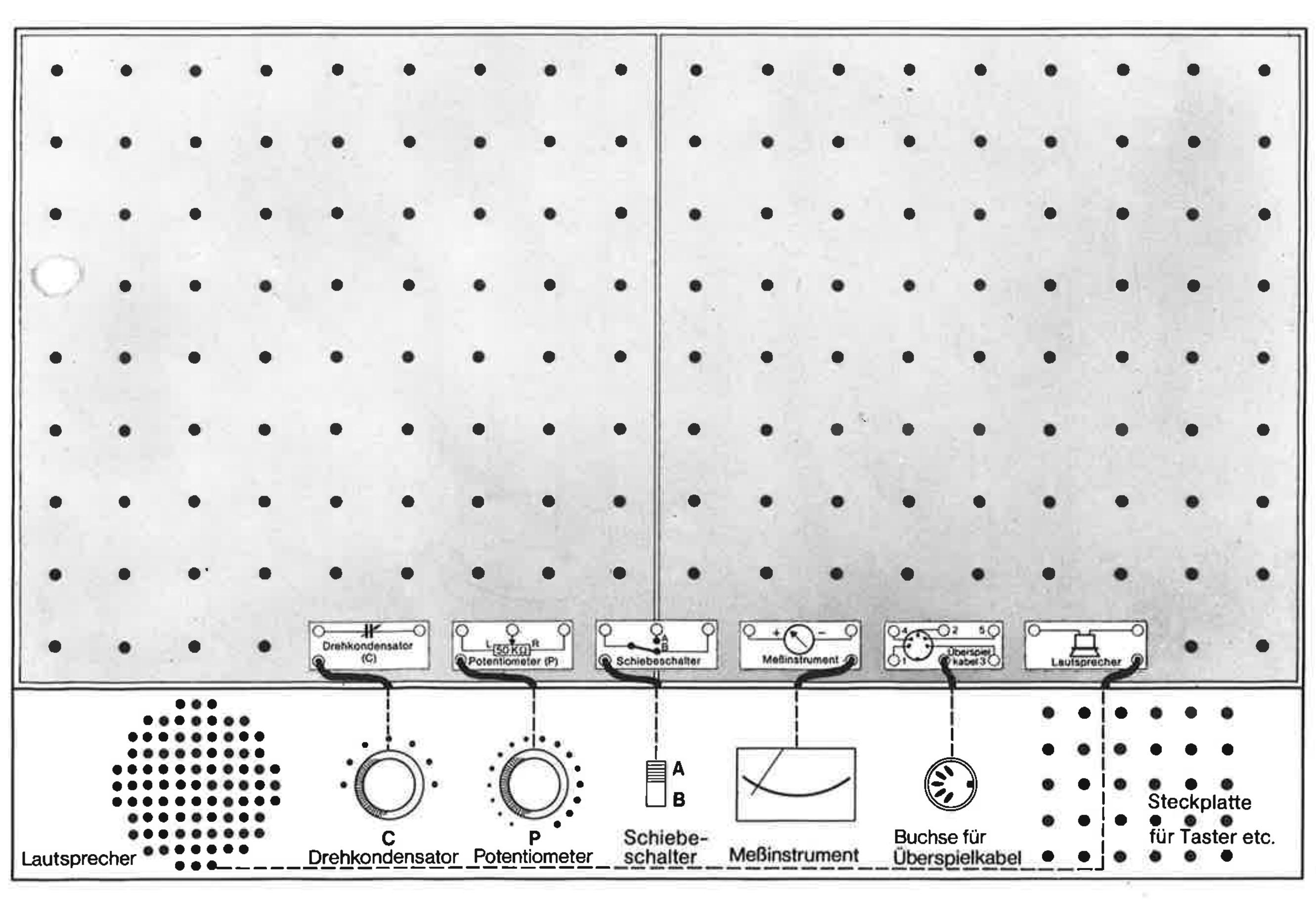
Einbauelemente für das Armaturenboard

Damit unser Armaturenboard komplett wird, wollen wir zunächst das Meßinstrument und die Phono-Normbuchse einbauen.

Hierzu nehmen wir vorsichtig das Oberteil des Armaturenboards ab: links und rechts außen die beiden Schrauben lösen. Auf der Unterseite des Armaturenboards im Bereich der Aussparungen für Meßinstrument und Normbuchse den eingeklebten Kartonstreifen entfernen. Normbuchse mit den beiden Schrauben mit Muttern (im Zubehörbeutel enthalten) anschrauben – Muttern auf der Innenseite des Armaturenboards. Meßinstrument mit einigen Kontaktkleber-Punkten (z. B. PATTEX) auf der Rückseite des Armaturenboards ankleben und darauf achten, daß die Skala nicht auf dem Kopf steht.

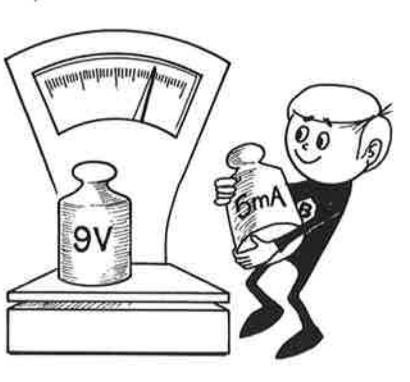
Nun Armaturenboard wieder auf das Unterteil aufsetzen und darauf achten, daß alle Kabel mit den Steckbausteinen durch die entsprechenden Schlitze nach hinten herausgeführt werden. Die beiden Schrauben wieder anziehen – nicht überdrehen.

Die unten stehende Abbildung zeigt uns die gesamte zur Verfügung stehende Aufbaufläche des komplettierten Electronic-Studios.



Mit den bisher ausgeführten Experimenten und Geräteschaltungen haben wir eine ganze Reihe elektronischer Bauelemente kennengelernt. Mit dem neu hinzukommenden Meßgerät steht uns ein hochwertiges Bauelement zur Verfügung, um verschiedene physikalische Grundsätze nachzuweisen und besser zu verstehen. Es wird uns manches noch einleuchtender werden, weil wir jetzt auch sehr kleine Ströme und Spannungen messen können.

Das Meßinstrument



Das Meßinstrument hat eine kleine Drahtspule, die in einem Magnetfeld drehbar gelagert ist und durch eine Feder auf dem Nullpunkt gehalten wird. Fließt durch die Spule ein Strom, wird gegen das Magnetfeld eine zusätzliche Kraft erzeugt. Diese Kraft bewirkt eine entsprechende Drehung der Spule, die durch den Zeiger des Instruments sichtbar gemacht wird. Je stärker der durchfließende Strom ist, um so größer wird die Drehung der Spule, und damit verstärkt sich der Zeigerausschlag über der Skala. Wird der Stromkreis unterbrochen, holt die Feder den Zeiger auf den Nullpunkt zurück.

Achtung! Unser Meßinstrument ist so ausgelegt, daß es minimale Ströme und Spannungen messen kann. Wir dürfen es niemals direkt an die Batterie anschließen. Die volle Batteriespannung ist so groß, daß unser Instrument zerstört würde. Wir müssen einen 47 kΩ Widerstand als Vorwiderstand in die Schaltung einbauen. Außerdem müssen wir auf richtige Polung achten.

Das Meßinstrument ist ein Strommesser

Wir bauen eine kleine Schaltung gemäß Aufbauplan 1 und Schaltplan 1a. Der 47 kΩ Widerstand schützt unser Meßinstrument vor einem zu hohen Stromfluß. Hat unsere Batterie noch die volle Betriebsspannung von 9 V, dann wird der Zeiger des Meßinstruments bei gedrückter Taste ziemlich weit nach rechts ausschlagen (ca. 4/5 der Skaleneinteilung).

Mit dieser einfachen Schaltung haben wir den Strom gemessen, der vom Pluspol der Batterie über den 47 kΩ Widerstand zum Minuspol fließt.

Nun verringern wir den Stromfluß, indem wir an die Stelle des 47 kΩ Widerstandes einen größeren Widerstand mit 100 kΩ in die Schaltung einsetzen. Da der 100 kΩ Widerstand doppelt so groß ist, als der vorher verwendete 47 kΩ Widerstand, verringern wir den Stromfluß um ca. die Hälfte. Somit werden wir bei gedrückter Taste einen Zeigerausschlag ungefähr in der Skalenmitte feststellen. Die elektrische Stromstärke wird in Ampère (A) gemessen. Unser Meßinstrument wurde im Prinzip als Ampèremeter eingesetzt.

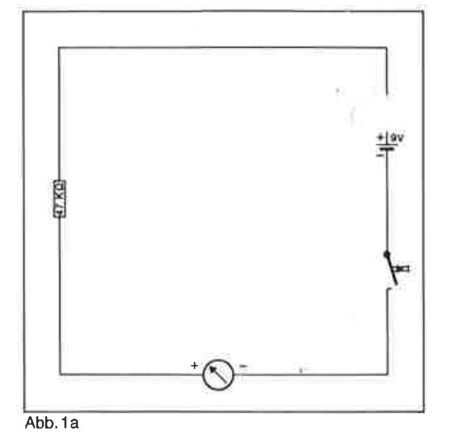
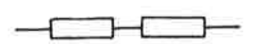


Abb. 1a

Abb. 1

Reihenschaltung von zwei Widerständen



Mit diesem Versuch wollen wir feststellen, was unser Meßinstrument anzeigt, wenn wir zwei Widerstände hintereinander schalten. Wir nennen dies eine Reihenschaltung.

Da wir inzwischen Schaltpläne lesen können, benötigen wir für diesen einfachen Versuch keinen Aufbauplan. Wir nehmen die Verkabelung nach Schaltplan 2 vor,

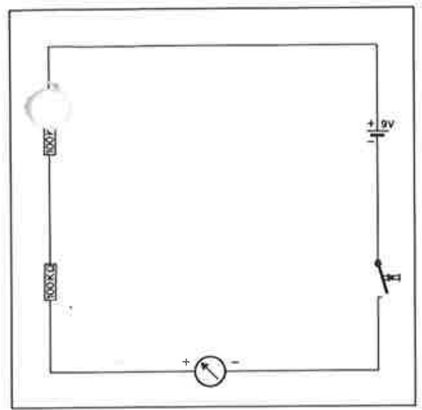


Abb. 2

indem wir zusätzlich einen zweiten 100 kΩ Widerstand einfügen. Bei gedrückter Taste bringt unser Meßinstrument wiederum einen halbierten Zeigerausschlag, also ca. 1/4 der Skaleneinteilung.

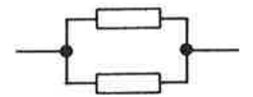
Wir sehen, daß zwei hintereinander geschaltete Widerstände zusammen einen größeren Widerstand ergeben, als jedes einzelne Bauelement. Hierfür gibt es eine F[illegible]l (Widerstand = R):

R1 + R2 = R gesamt

Beispiel: 100 kΩ + 100 kΩ = 200 kΩ

Da zwei in Reihe geschaltete Widerstände mit je 100 K Ω nun 200 K Ω ergeben, ist es uns verständlich, daß wir durch eine Reihenschaltung mit mehreren Widerständen beliebige Widerstandswerte erreichen können.

Parallelschaltung von zwei Widerständen



Schalten wir zwei Widerstände nebeneinander (Parallelschaltung), kann sich der durchfließende Strom in beiden Bauelementen aufteilen. Wir nehmen die Parallelschaltung der beiden 100 kΩ Widerstände gemäß Schaltplan 3 vor. Bei gedrückter Taste zeigt unser Meßinstrument fast einen Vollausschlag (ungefähr gleiche Zeigerstellung wie bei dem vorher verwende-

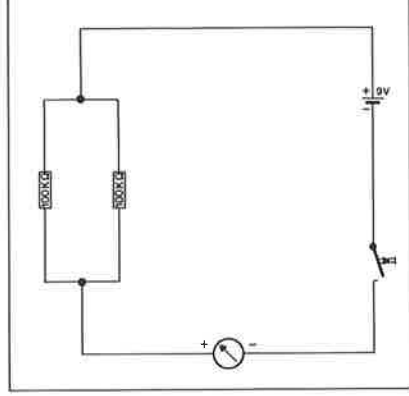


Abb. 3

ten einzelnen 47 kΩ Widerstand). Wir erkennen, daß zwei parallel geschaltete Widerstände zusammen einen kleineren Widerstandswert ergeben, als jedes einzelne Bauelement. Auch hierfür gibt es eine Formel, die uns zeigt, daß zwei parallel geschaltete 100 kΩ Widerstände zusammen 50 kΩ ergeben:



$$\frac{\mathbf{R1 \times R2}}{\mathbf{R1 + R2}} = \mathbf{R\ gesamt}$$

Beispiel: $\frac{100\ k\Omega \times 100\ k\Omega}{100\ k\Omega + 100\ k\Omega} = \frac{10.000}{200} = 50\ k\Omega$

Die Formel wird etwas schwieriger, wenn mehr als zwei Widerstände parallel geschaltet werden. So ergeben zum Beispiel 1 kΩ + 10 kΩ + 100 kΩ folgende Formel:

$$\frac{1}{\mathbf{R1}} + \frac{1}{\mathbf{R2}} + \frac{1}{\mathbf{R3}} = \frac{1}{\mathbf{R\ gesamt}}$$

Beispiel: $\frac{1}{1\ k\Omega} + \frac{1}{10\ k\Omega} + \frac{1}{100\ k\Omega} = \frac{100}{100} + \frac{10}{100} + \frac{1}{100} = \frac{111}{100}$

R gesamt ist somit $\frac{100}{111}$ = 0,9 kΩ (900 Ω)

Laden eines Kondensators

Mit unserem Meßinstrument können wir den Ladevorgang eines Kondensators beobachten. Wir bauen die Schaltung gemäß Aufbauplan 4 auf. Bei ständig gedrücktem Taster schlägt das Meßinstrument fast voll aus und fällt anschließend langsam auf die Nullstellung zurück. Nun wechseln wir den 47 µF Elko gegen den 100 µF Elko aus. Bei Tastendruck erkennen wir wieder den Vollausschlag des Instruments. Der Zeiger läuft jedoch erheblich langsamer zum Nullpunkt zurück.

Das Meßinstrument zeigt uns (wie bei den vorangegangenen Widerstandsmessungen) den Stromfluß an. Bei einem nicht aufgeladenem Kondensator ist zunächst der volle Stromfluß vorhanden (voller Zeigerausschlag), der immer kleiner wird, je weiter sich der Kondensator auflädt. Bei einem aufgeladenen Kondensator fließt (fast) kein Strom mehr, das Meßinstrument steht auf Null.

Wie ein größerer Widerstand die Ladezeit eines Kondensators ebenfalls beeinflußt, wird uns deutlich, wenn wir statt des bisher verwendeten 47 kΩ Widerstandes einen 100 kΩ Widerstand einsetzen. Da unser 100 µF Elko vom vorangegangenen Versuch noch aufgeladen ist, müssen wir ihn zunächst entladen, indem wir ihn überbrücken (die beiden abisolierten Enden eines kurzen Kabels gleichzeitig an die beiden Kontaktbuchsen des Elkos halten).

Drücken wir jetzt erneut die Taste, zeigt das Instrument ungefähr 1/2 Skalenausschlag (geringerer Stromfluß durch den 100 kΩ Widerstand) und fällt dann sehr langsam in die Nullstellung zurück.

Das langsame Laden, bzw. Entladen eines Kondensators durch entsprechend große Widerstände wird bei einer ganzen Reihe von Versuchen (z. B. Blinklicht- und Verzögerungsschaltungen) ausgenutzt.

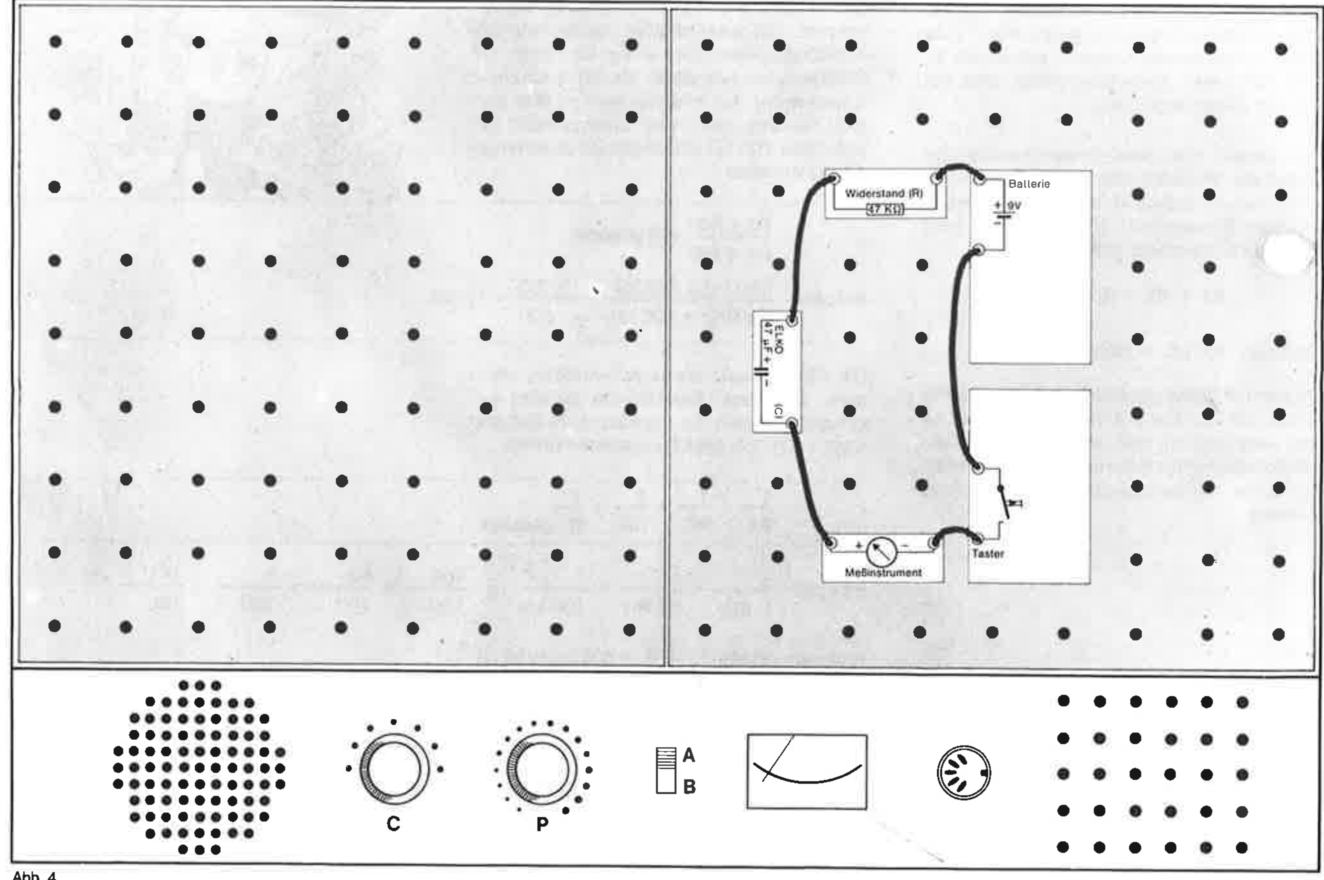


Abb. 4

Entladen eines Kondensators



Wenn wir die vorangegangene Schaltung mit dem aufgeladenen 100 µF Elko gemäß Aufbauplan 5 abändern, zeigt uns das Meßinstrument den langsamen Entladevorgang. Bei ständig gedrücktem Taster steht der Zeiger des Meßinstruments kurze Zeit in der Skalenmitte und fällt langsam mit dem sich über den 100 kΩ Widerstand entladenden Elko auf Null zurück. Es ist zu beachten, daß sich Kondensatoren im Laufe einer gewissen Zeit selbst entladen.

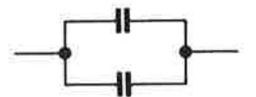
Reihenschaltung von Kondensatoren



Auch Kondensatoren kann man in Reihe also hintereinander schalten. Hierdurch ändert sich die Gesamtkapazität der in Reihe geschalteten Kondensatoren. Die Gesamtkapazität ist immer kleiner als die Kapazität des kleinsten Kondensators. Hierfür merken wir uns nachfolgende Formel:

$$\frac{1}{C\,1} + \frac{1}{C\,2} = \frac{1}{C\ \text{gesamt}}$$

Parallelschaltung von Kondensatoren



Bei parallel geschalteten Kondensatoren ist die Gesamtkapazität größer als die größte Einzelkapazität. Die Kapazitäten addieren sich:

$$C\,1 + C\,2 = C\ \text{gesamt}$$

Abb. 5

Batterie-Testgerät

Für viele Versuche ist es unerläßlich, daß unsere Batterie mit voller 9 V Spannung funktionsfähig ist. Um dies feststellen zu können, bauen wir uns ein einfaches Testgerät, mit welchem wir in geregelten Abständen die Batterie prüfen sollten. Bei dieser Gelegenheit soll nochmals auf die besondere Leistungsfähigkeit von Alkali-Mangan-Batterien (z. B. Mallory MN 1604) hingewiesen werden. Alkali-Mangan-Batterien sind zwar teurer als gewöhnliche Zink-Kohle-Batterien, ihre Nutzungsdauer ist dafür aber wesentlich länger und zuverlässiger. In jedem Fall ist es empfehlenswert, immer eine neue Reservebatterie bereitzuhalten, oder das spezielle Netzgerät 2059 anzuschaffen.



Wir bauen den Batterie-Tester gemäß Aufbauplan 6. Das Meßinstrument wird in diesem Fall als Spannungsmesser verwendet. Sobald die zu prüfende Batterie angeklemmt ist, stellen wir am Instrument einen kräftigen Zeigerausschlag fest. Durch Drehen am Potentiometerknopf justieren wir bei der fünfstelligen Instrumentenskala den Zeigerausschlag auf die Stellung „4", (bei 10-stelliger Instrumentenskala auf „8"). Durch Tastendruck wird jetzt die Batterie belastet, indem wir über die Lampe einen verhältnismäßig großen Strom entziehen. Bei brennender Lampe darf der Zeigerausschlag am Instrument nicht mehr als 10 % abfallen (also bei fünfstelliger Skala nicht unter „3,5", bzw. bei zehnstelliger Skala nicht unter „7"). Sinkt die Batterie-Spannung stärker ab, sollten wir mit dieser Batterie nicht mehr weiterarbeiten. Sie ist eventuell für einige Versuche noch tauglich, die einwandfreie Funktion einer Schaltung sollte jedoch zunächst mit einer neuen Batterie erprobt werden.

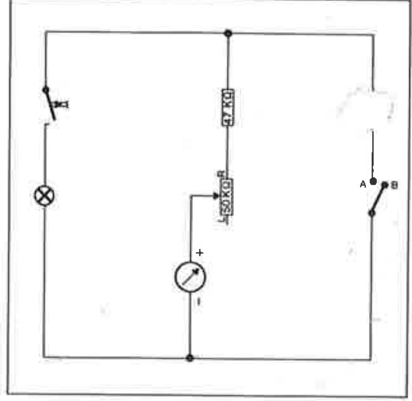
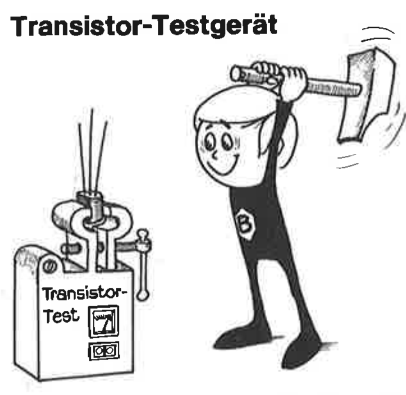


Abb. 6a

Abb. 6

Transistor-Testgerät



Bevor wir die später folgenden Versuche durchführen, sollten wir die Verstärkungseigenschaften der in unserem Electronic-Studio enthaltenen Transistoren prüfen. Wir werden dabei feststellen, daß die Verstärkerleistung unterschiedlich ist. Obwohl alle Transistoren vom gleichen Typ sind, [illegible] der einzelne Transistor etwas andere Daten. Dies ist von untergeordneter Bedeutung, weil alle Schaltungen des Electronic-Studios so ausgelegt sind, daß sie mit schwankenden Transistorwerten funktionieren. Bei verschiedenen Schaltungen kann die Funktion jedoch verbessert werden, wenn Transistoren mit besonders hohen oder auch mit besonders niederen Verstärkereigenschaften an den entsprechenden Stellen eingesetzt werden. Bei diesen speziellen Schaltungen wird hierauf besonders hingewiesen.

Wir bereiten den Transistor-Tester gemäß Aufbauplan 7 vor. Das Instrument ist als Strommesser geschaltet. Für die Messung eines Transistors benötigen wir an dessen Collector die volle Batteriespannung, wobei ein verhältnismäßig hoher Stromfluß zwischen 5 und 25 mA zu erwarten ist. Durch diesen Strom würde aber unser Instrument sofort zerstört werden. Wir müssen also dafür sorgen, daß an unserer Strom-Meß-Schaltung möglichst wenig Spannung abfällt, aber gleichzeitig durch unser Instrument kein allzu großer Strom fließt. Dies wird erreicht, indem wir parallel zum Instrument einen 10 Ω und einen 47 Ω Widerstand verwenden (siehe Schaltplan 7a). Diese Anordnung der Widerstände zum Instrument ist eine prinzipielle Strom-Meß-Schaltung.

Wir nehmen das Gerät in Betrieb, indem wir den Schiebeschalter in Stellung A bringen. Durch den noch fehlenden Basis-Strom sperrt zunächst der Transistor. Am Instrument ist kein Zeigerausschlag festzustellen. Bei Tastendruck fließt über die Basis-Emitter-Strecke ein Steuerstrom, welcher durch den 470 kΩ Widerstand begrenzt ist. Bei Tastendruck wird der sogenannte Laststrom über die Collector-Emitter-Strecke freigegeben. Die Größe dieses Laststromes können wir am Instrument feststellen. Wir merken uns den Zeigerausschlag und prüfen auf diese Weise sämtliche Transistoren. Bevor wir einen neuen Prüftransistor in die Schaltung einsetzen, schalten wir unser Testgerät am Schiebeschalter (Stellung B) aus. Den Transistor mit der größten Stromverstärkung (größter Zeigerausschlag) bezeichnen wir mit „B" (auf dem Transistor-Etikett). Den Transistor mit der geringsten Verstärkerleistung bezeichnen wir mit „A". Transistoren mit Mittelwerten werden nicht besonders gekennzeichnet. Ein Transistor, der fast keinen Zeigerausschlag bewirkt, aber bei nicht gedrückter Taste einen Zeigerausschlag bringt, wurde vermutlich bei einem vorangegangenen Versuch beschädigt und muß ausgetauscht werden. Fordern Sie bitte bei Ihrem Händler oder bei uns die zur Zeit gültige Ersatzteil-Preisliste an.

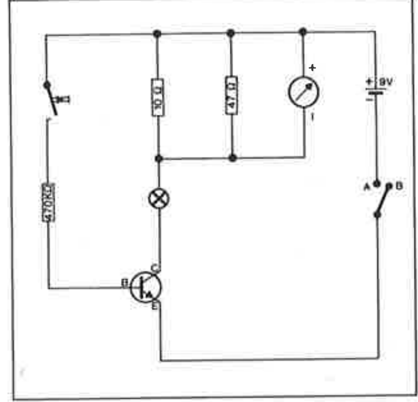


Abb. 7a

Abb. 7

Lichtschranken gesteuerter Tongenerator (akustischer Alarm)

Mit dieser Schaltung gemäß Aufbauplan 8 können wir eine akustisch alarmierende Lichtschranke aufbauen, die über den Lautsprecher einen Dauerton abgibt, wenn der LDR kein Licht erhält. Der Lautsprecher ertönt, sobald (wie beim vorangegangenen Versuch) der mit dem Potentiometer eingestellte Helligkeitsbereich unterschritten wird.

Wenn wir den LDR durch entsprechend verlängerte Verbindungskabel aus dem Electronic-Studio herausnehmen und (gemäß Abbildung 9) an einer Tür befestigen, ergibt sich eine richtig funktionierende Lichtschranke. Wir müssen dann mit einer Taschenlampe oder einer anderen Lichtquelle für die Bestrahlung des mit einem Pappröhrchen abgeschirmten LDR sorgen. Sobald jemand durch die Tür tritt, ergibt sich auf dem LDR ein kurzzeitiger Schatten, der als akustisches Signal registriert wird.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wenn wir den Schaltplan 8a mit der vorangegangenen Schaltung vergleichen, stellen wir eine große Ähnlichkeit fest. Im Collector-Stromkreis des Transistors T 2 wird anstelle der Glühlampe ein 470 Ω Widerstand und der Lautsprecher verwendet. Außerdem werden die beiden Elkos gegen 2 Kondensatoren 100 nF ausgetauscht. Dies hat zur Folge, daß die bisherige Blinkschaltung mit einer wesentlich höheren Frequenz hin- und herkippt. Die sich jetzt ergebende Frequenz liegt im Hörbereich und erzeugt im Lautsprecher einen Dauerton.

Im Schaltplan 8 a wurde der LDR Steuerteil und der Tongeneratorteil (Multivibrator) durch eine punktierte Linie getrennt. Beide Schaltungsteile funktionieren wie bei den vorangegangenen Versuchen beschrieben. Die beschleunigte Tonfrequenz ergibt sich durch die ausgetauschten 100 nf Kondensatoren.

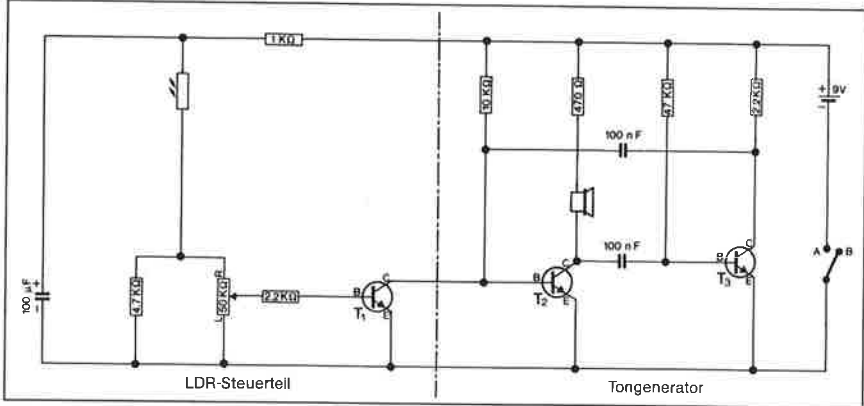
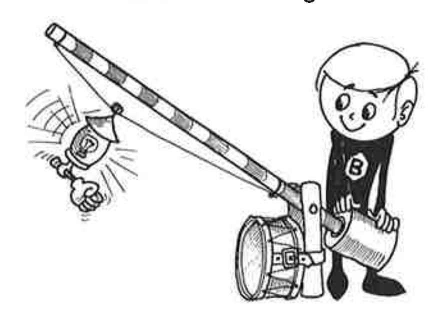


Abb. 8 a

Abb. 9

Abb. 8

"Lichtschranke
mit Alarmauslösung"



Lichtschranke mit akustischem Daueralarm (optische Raumüberwachung)

Gemäß Aufbauplan 10 können wir die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Schaltung so abändern, daß beim Eintritt in einen durch Lichtschranke abgesicherten Raum nicht nur ein kurzzeitiger Ton, sondern ein Daueralarm ausgelöst wird. Am Potentiometer wird die entsprechende Raumhelligkeit eingestellt. Nach dem Einschalten (Schiebeschalterstellung A) und einem kurzen Druck auf die Löschtaste ist unsere Anlage funktionsbereit. Der durch Abdunkelung des LDR ausgelöste Alarmdauerton kann nur durch Betätigen der Löschtaste rückgängig gemacht werden.

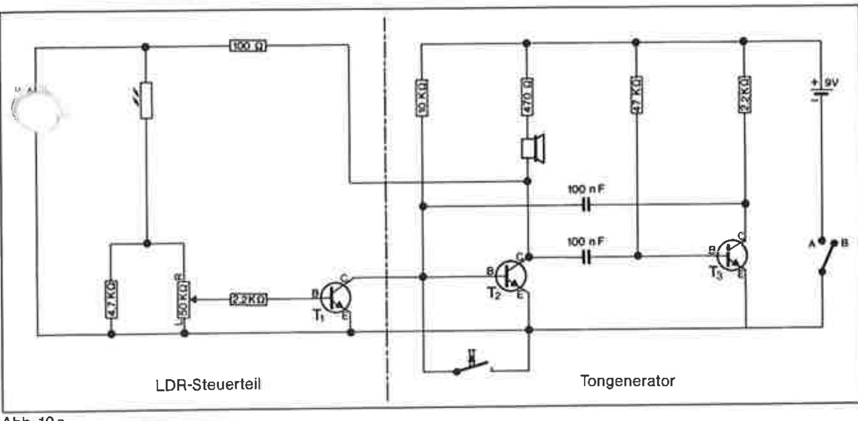


Abb. 10a

Wie funktioniert diese Schaltung?

Aus dem Schaltplan 10a ersehen wir die Weiterentwicklung des bisherigen lichtschrankengesteuerten Tongenerators. Anstelle des 1 kΩ Widerstandes vor dem LDR wird jetzt ein 100 Ω Widerstand eingesetzt, der aber nicht am Pluspol der Batterie, sondern am Collector des Transistors T 2 angeschlossen ist. Sobald die Raumhelligkeit den am Potentiometer eingestellten Wert unterschreitet, wird wie bisher Transistor T 1 gesperrt und damit der Alarmton ausgelöst. Eigenartigerweise wird jedoch der Alarmton bei erneut beleuchtetem LDR nicht mehr automatisch gelöscht. Warum? Bei Helligkeit, also bei nichtleitendem Transistor T 2, verhält sich die Schaltung wie beim vorangegangenen Versuch: der 100 µF Elko wird anstatt über den 1 kΩ Widerstand jetzt über die Reihenschaltung von 100 Ω und 470 Ω sowie Lautsprecher an den Pluspol der Batterie gelegt. Bei Abdunkelung des LDR wird Trasistor T 1, wie bekannt nichtleitend, während T 2 leitend wird. Nun entlädt sich der 100 µF Elko über den 100 Ω Widerstand und die Collector-Emitter-Strecke des Transistors T 2. Dadurch sinkt die Spannung am 100 µF Elko ab. Hierdurch bleibt Transistor T 1 auch dann gesperrt, wenn der LDR wieder beleuchtet ist. Wenn im LDR Steuerteil der Transistor T 1 sperrt, wirken die Transistoren T 2 und T 3, als Tongenerator.

Abb. 10

Lichtgesteuerte elektronische Harfe



Unsere elektronische Harfe, gemäß Aufbauplan **11**, hat gegenüber dem vorangegangenen Versuch einen wesentlich vergrößerten Frequenzumfang bei verbesserter Lichtempfindlichkeit. In Schiebeschalterstellung A wird bei normaler Raumhelligkeit am Potentiometer zunächst ein möglichst tiefer Ton eingestellt. Das Gerät reagiert jetzt auf geringste Lichtverringerung (Schattenbildung) am LDR, wobei die Töne um so höher werden, je weniger Licht einfällt. Nach kurzer Übung kann man durch entsprechende Handbewegungen (Schattenbildungen) über dem LDR einen verblüffenden Harfenklang-Effekt ausführen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 11a zeigt links den LDR-Steuerteil und rechts den Multivibratorteil, wobei der 10 kΩ Basis-Widerstand des Transistors T 2 mit dem Collector des Transistors T 1 verbunden ist. T 1 erhält seine Ansteuerung über den LDR, über das Potentiometer und den 22 kΩ Widerstand. Damit stellt T 1 einen Verstärker für die Lichtänderung dar (während er beim vorangegangenen Versuch als Schaltelement diente). Je geringer der Lichteinfall am LDR, um so geringer ist die Basisansteuerung des Transistors T 1. Damit steigt seine Collectorspannung an, und es fließt ein größerer Strom über den 10 kΩ Widerstand zur Basis von T 2 und zum 10 nF Kondensator. Ein größerer Strom am Kondensator ergibt eine beschleunigte Be- und Entladung, was eine höhere Tonfrequenz zur Folge hat. Bei dieser Schaltung wird der Ton also um so höher, je weniger Licht einfällt. Durch die Verstärkereigenschaft des Transistors T 1 ergibt sich eine vielfach höhere Empfindlichkeit gegenüber dem vorangegangenen lichtgesteuerten Multivibrator.

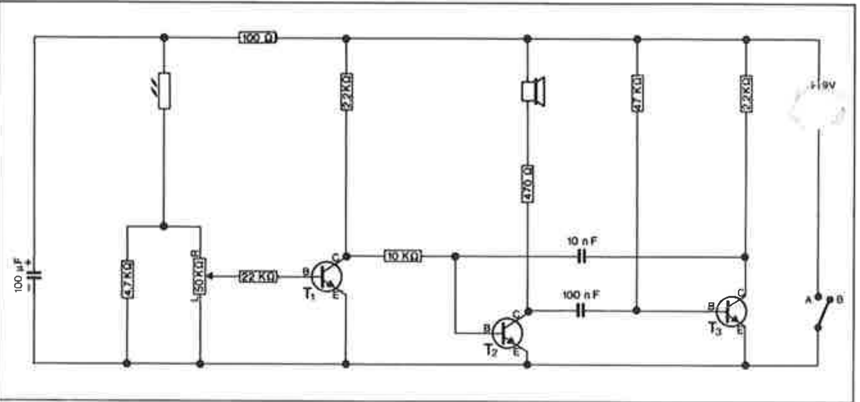


Abb. 11a

Abb. 11

Lichtgesteuerte Orgel mit Vibrato-Effekt

Die Schaltung, gemäß Aufbauplan 12, besteht aus 2 miteinander gekoppelten Multivibratoren. Hierdurch ergibt sich ein Orgelklang mit dem typischen Vibrato-Effekt. Nach dem Einschalten des Geräts wird mit der rechten Hand die Taste betätigt, während die linke Hand für den unterschiedlichen Lichteinfall am LDR sorgt. Nach kurzer Zeit kann man mit diesem Gerät ebenfalls kleine Melodien spielen.



Wie funktioniert diese Schaltung?

Aus dem Schaltplan 12a ist links der Vibrato-Teil und rechts der eigentliche Ton-Multivibrator ersichtlich. Die Frequenz des Ton-Multivibrators wird wieder durch den LDR im Basisstromkreis des Transistors T 4 gesteuert. Die Transistoren T 1 und T 2 des Vibratoteils schwingen (ähnlich einer Blinklichtschaltung), auf einer wesentlich langsameren Frequenz, welche über die Widerstände 4,7 kΩ und 47 kΩ zur Basis des Transistors T 3 übertragen werden und hierdurch die Frequenz des Ton-Multivibrators beeinflussen. Der zwischen den Widerständen 4,7 kΩ und 47 Ω angeordnete 100 µF Elko sorgt durch seine ständige Umladung dafür, daß sich nicht nur ein einfacher Tonwechsel mit hohen oder tiefen Tönen, sondern ein schwingender Vibrato-Toneffekt ergibt.

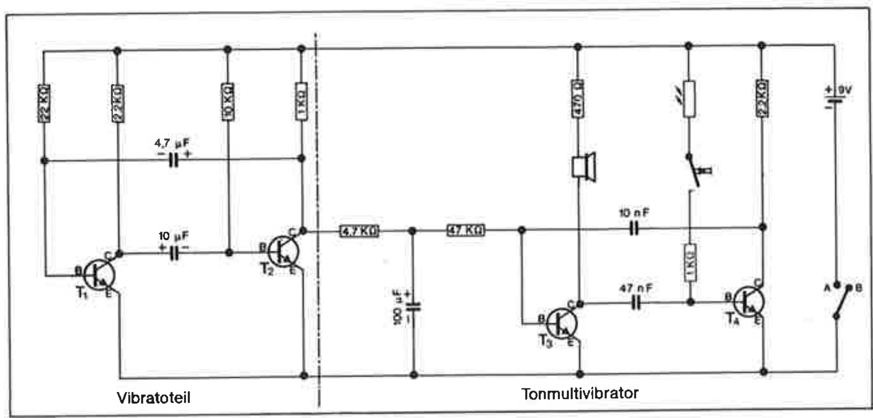


Abb. 12a

Abb. 12

Diode und Leuchtdiode

Die Diode ist mit einem „elektrischen Ventil" vergleichbar. Sie läßt den Strom nur in einer Richtung fließen. Ihre beiden Anschlüssen heißen Kathode (als dicker Querstrich gezeichnet) und Anode (als Pfeil gezeichnet). Der Stromdurchfluß ist nur in Pfeilrichtung möglich, während in entgegengesetzter Richtung der Stromfluß gesperrt wird.

Die Diode ist ideal zur Gleichrichtung von Wechselspannungen oder zur einseitigen Gleichstromsperrung bestimmter Leitungswege.

Die Leuchtdiode hat die gleichen Eigenschaften. Sie hat jedoch einen zusätzlichen Leuchteffekt, sobald ein Strom in Durchlaßrichtung fließt. Leuchtdioden werden nicht nur zur Gleichrichtung oder Gleichstromsperrung benutzt. Sie werden vielfach auch als Anzeigelämpchen eingesetzt, weil sich eine wesentlich längere Lebensdauer gegenüber Glühfadenlämpchen bei äußerst minimalem Stromverbrauch ergibt. Die Leuchtdiode wird abgekürzt **LED** genannt.

Unsere Dioden sind auf roten Bausteinen montiert, weil einerseits auf richtige Polung und andererseits auf die sehr geringe Betriebsspannung geachtet werden muß. Es sind in jedem Fall Vorwiderstände erforderlich.

Grundsatzversuch mit Diode

Wenn wir die kleine Schaltung, gemäß Aufbauplan 13, durch Tastendruck in Betrieb nehmen, können wir am Meßinstrument einen Zeigerausschlag bis ungefähr Skalenmitte feststellen. Demnach fließt über den 100 kΩ Widerstand und durch die Diode ein Strom zum Minuspol der Batterie, welcher vom Meßinstrument angezeigt wird.

Nun drehen wir die Diode um 180 °, damit sich ein Anschluß, wie links neben Abbildung 13 dargestellt, ergibt. Bei erneutem Tastendruck ergibt sich kein, bzw. ein ganz unbedeutender Zeigerausschlag. Die Diode sperrt (bis auf einen minimalen Schleich-Rest-Strom). **Achtung!** Keine Versuche mit kleineren Widerstandswerten durchführen, weil sonst Diode und Meßinstrument gefährdet werden.



Grundsatzversuch mit Leuchtdiode (LED)

Die Leuchtdiode benötigt eine etwas höhere Spannung als die normale Diode, weshalb wir die Schaltung nach Aufbauplan 14 ausführen. Bei Tastendruck fließt jetzt über den 470 Ω Widerstand ein Strom durch die Leuchtdiode und über den 10 Ω Widerstand zum Batterie-Minuspol. Die Diode leuchtet. Das parallel zum 10 Ω Widerstand als Strommesser geschaltete Meßinstrument bringt einen fast vollen Zeigerausschlag.

Polen wir die Leuchtdiode um (180 ° Drehung), wird die Diode bei Tastendruck nicht leitend. Auch das Meßinstrument zeigt keinen Ausschlag. Die Diode sperrt.

Da die Leuchtdiode ebenfalls sehr empfindlich ist, sollten wir keine Versuche mit geringeren Widerstandswerten ausführen.

Nachdem wir nun die Diodenfunktion erkannt haben, wollen wir einen ersten Versuch ausführen, welcher die Eigenart der Diode für eine Geräteschaltung ausnutzt.

Abb. 13

Abb. 14

Elektronischer Belichtungsmesser

Die meisten Foto- und Filmkameras haben einen eingebauten, elektronischen Belichtungsmesser, dessen Ausschlag im Sucher der Kamera abgelesen werden kann.

Die Schaltung, gemäß Aufbauplan 15, zeigt uns die Funktion eines Belichtungsmessers. Bei gedrückter Taste justieren wir das Meßinstrument durch Drehen am Potentiometerknopf (P) auf die hellste Stelle unseres Zimmers (z. B. Instrumenten-Vollausschlag bei Tageslicht am Fenster). Gehen wir nun mit unserem Gerät in eine dunklere Zimmerecke, zeigt das Instrument einen geringeren Helligkeitswert an. Bei ziemlicher Dunkelheit ist kaum noch ein Zeigerausschlag festzustellen.





Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Versuch erklärt nochmals die prinzipielle Arbeitsweise unseres LDR-Photowiderstandes:

Der von der Raumhelligkeit getroffene LDR läßt vom Pluspol der Batterie einen Strom über den 2,2 kΩ Widerstand und über das Potentiometer zum Minuspol der Batterie fließen. Parallel dazu ist über einen 22 kΩ Widerstand das Meßinstrument geschaltet. Je heller der Lichteinfall am LDR ist, um so besser wird seine Leitfähigkeit (geringerer Widerstand), und um so größer ist die Spannung zwischen LDR und dem 2,2 kΩ Widerstand. Über den 22 kΩ Vorwiderstand wird diese Spannung und der damit fließende Strom vom Meßinstrument durch einen entsprechend großen Zeigerausschlag angezeigt. Bei geringerem Lichteinfall verringert sich die Spannung und damit auch die Anzeige des Instruments.

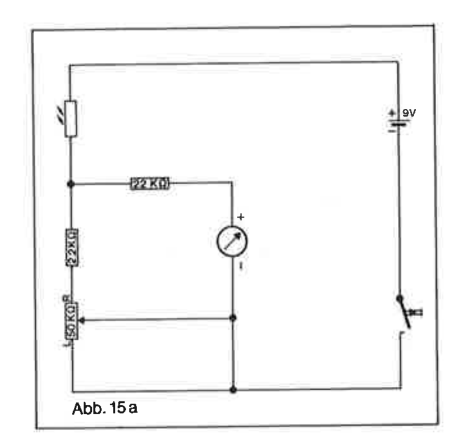


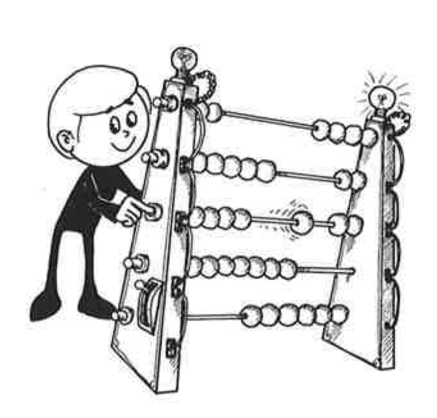
Abb. 15a

Abb. 15

Elektronischer Zähler

Mit der Schaltung, gemäß Aufbauplan 16, bauen wir uns ein einfaches elektronisches Zählwerk, welches in der Fachsprache auch als „analoger Zähler" bezeichnet wird.

Wir beachten die besondere Stellung der beiden hintereinanderliegenden 4,7 µF und 47 µF Elkos. Bei eingeschaltetem Gerät (Schiebeschalter Stellung A) können wir feststellen, daß unser Meßinstrument jeden kurzen Tastendruck zählt. Mit dem Potentiometerknopf können wir das Meßinstrument so einstellen, daß bei jedem Tastendruck der Zeiger ein bestimmtes Stück weiter ausschlägt (z. B. einen halben Teilstrich der Anzeigenskala). Damit können wir die Anzahl der ausgelösten Tastimpulse am Meßinstrument ablesen. Im letzten Drittel der Anzeigenskala werden die Ausschläge des Zeigers etwas kürzer. Wenn wir bis zum Ende der Skala das Instrument als Zähler einsetzen möchten, ist es zweckmäßig, ein kleines Selbstklebe-Etikett mit spezieller Skaleneinteilung anzubringen. Beim Ausschalten des Geräts (Schiebeschalterstellung B) wird die Speicherung gelöscht, und der nächste Zählvorgang beginnt wieder bei Null.



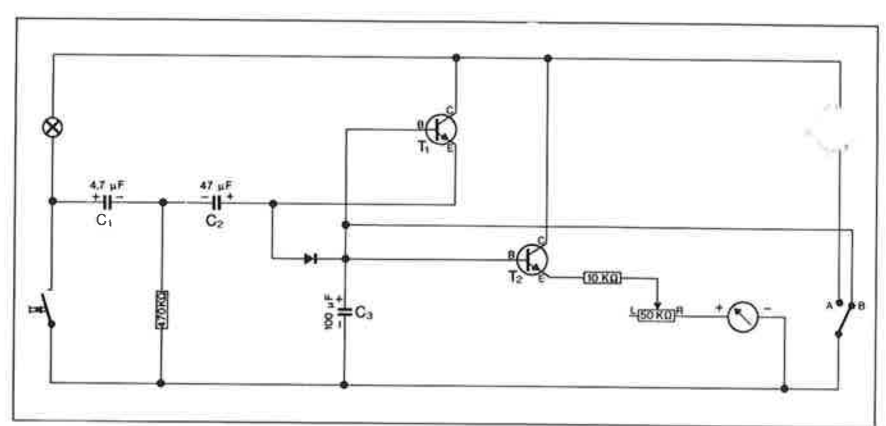


Abb. 16 a

Abb. 16

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 16a zeigt den Zustand bei nicht eingeschaltetem Gerät. Bringen wir den Schiebeschalter in Stellung A, ergibt sich ein Stromkreis, der im Schaltplan 17a dick eingezeichnet wurde. Es fließt ein Strom vom Pluspol der Batterie über die Glühlampe, zu den beiden Elkos 4,7 und 47 µF (C 1 und C 2) und durch die Diode über den 100 µF Elko (C 3) zum Minuspol der Batterie. Der Stromfluß dauert nur einen winzigen Augenblick, nämlich so lange, bis sich die in Reihe geschalteten Elkos C 1 und C 2 aufgeladen haben. Wir wissen, daß 2 in Reihe geschaltete Kondensatoren eine geringere Kapazität haben, als der kleinste dieser beiden Kondensatoren (Elkos). Hierdurch ergibt sich für C 1 und C 2 eine sehr kurze Ladezeit. Ist aber C 1 und C 2 aufgeladen, fließt kein weiterer Strom zwischen Batterie Plus- und Batterie Minuspol. Da aber der größere 100 µF Elko (C 3) eine wesentlich längere Ladezeit benötigt, hat dieser nur eine geringe Teilaufladung erhalten.

Drücken wir nun kurz die Taste, ergibt sich der im Schaltplan 17b dick gezeichnete Zustand: die Glühlampe leuchtet während des Tastendrucks, weil sich ein Stromkreis zur Batterie ergibt (dicke Außenlinie). Vom Pluspol der Batterie bis zur Lampe ergibt sich eine positive Spannung. Vom Minuspol der Batterie bis zur Lampe ergibt sich eine negative Spannung. Damit kommen die in Reihe geschalteten Elkos C 1 und C 2 durch Tastendruck automatisch an den Minuspol der Batterie, die beiden Elkos können sich entladen. Der größere 100 µF Elko C 3 kann sich durch die dazwischen liegende Diode nicht entladen. Er verliert nur sehr wenig seiner Teilaufladung als Basisstrom an Transistor T 1, über dessen Collector-Emitter-Strecke die Entladung von C 1 und C 2 erfolgt. Während sich C 1 und C 2 entladen, bleibt die Teilaufladung des Elkos C 3 weitgehend erhalten (punktierte Linie).

Wenn wir die Taste loslassen, ergibt sich wieder ein Stromkreis, wie er in Abbildung 17 a und 17b dargestellt wurde: C 1 und C 2 laden sich sehr schnell auf, wobei der gleiche Ladestrom auch in C 3 fließt und diesem abermals eine etwas vergrößerte Teilladung zukommen läßt. Hierdurch erhält Transistor T 2 eine geringe Basisansteuerung. T 2 wird geringfügig leitend, das heißt, daß er seine Collector-Emitter-Strecke nur geringfügig öffnet, wodurch über den 10 kΩ Widerstand und Potentiometer ein kleiner Strom über das Meßinstrument fließt. Dieser wird durch einen geringfügigen Zeigerausschlag (je nach Stellung des Potentiometers) angezeigt. Je öfter die Taste gedrückt wird, um so mehr steigt die Aufladung des Elkos C 3, und um so größer wird der Zeigerausschlag am Instrument. Bei vollständiger Aufladung von C 3 ergibt sich am Meßinstrument ein Vollausschlag. Mit jedem Tastendruck „pumpen“ wir etwas mehr Ladung in C 3, weshalb diese Schaltung auch „elektronische Pumpe“ genannt wird.

Es könnte sich jetzt noch die Frage ergeben, warum zwei Kondensatoren bei C 1 und C 2 verwendet wurden. Ein einzelner Kondensator hätte doch den gleichen Zweck erfüllt?

Mit der Aufteilung in zwei Kondensatoren wird erreicht, daß die beiden Elkos nicht für längere Zeit an falsch gepolter Spannung angeschlossen sind. Wir sehen aus den Schaltplänen, daß C 1 gegenüber C 2 umgekehrt gepolt ist, und daß vom Minuspol beider Elkos ein 470 kΩ Widerstand zum Minuspol der Batterie führt. Somit sorgt dieser Widerstand dafür, daß die Minuspole der Elkos nach den Umladungsvorgängen automatisch wieder am Minuspol der Batterie angeschlossen sind.

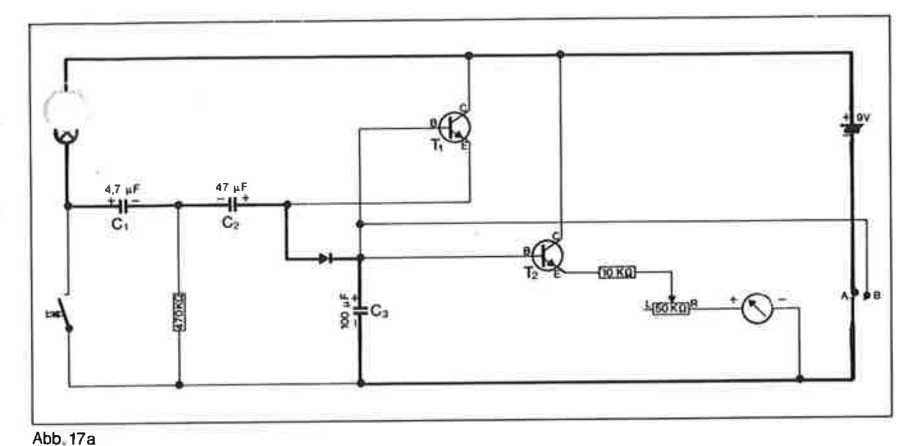


Abb. 17a



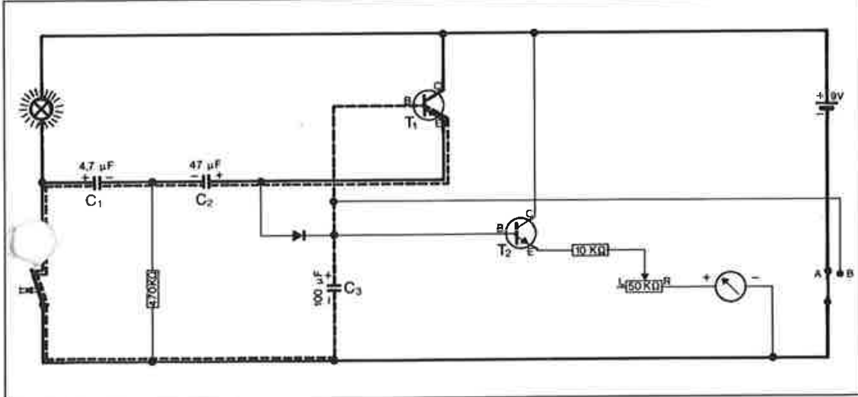


Abb. 17b

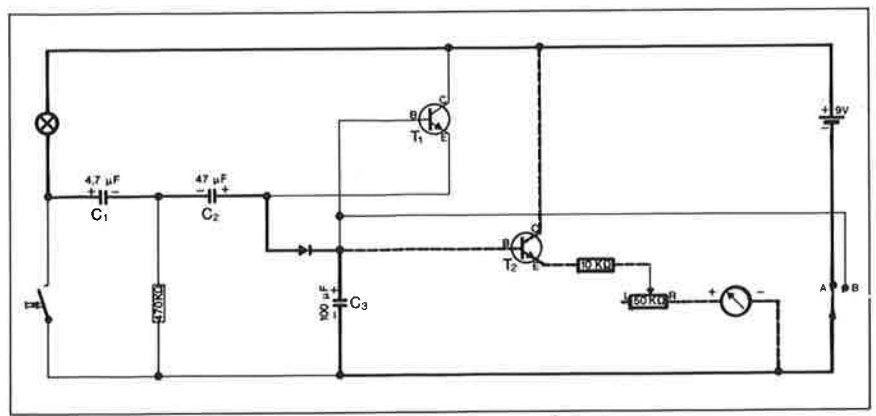


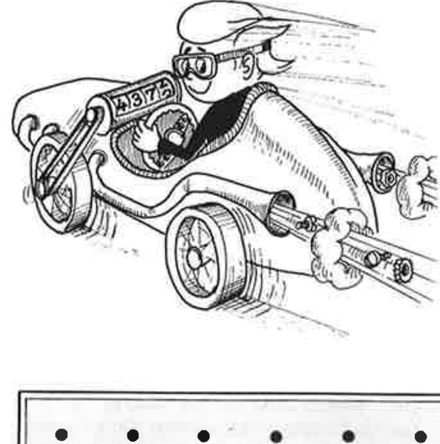
Abb. 17c

Prinzip eines elektronischen Drehzahlmessers (Frequenzmesser)

Viele Autos sind heute mit einem elektronischen Drehzahlmesser ausgerüstet. Der Fahrer kann an einem Meßinstrument die Motordrehzahl ablesen. Hierdurch soll vor allem bei Fahrten mit kleineren Gängen die Überschreitung der höchstzulässigen Motordrehzahl verhindert werden. Derartige Drehzahlmesser haben keinerlei mechanische Verbindung zum Motor, sondern sie werden durch Impulse (z. B. Zündungsfrequenz) gesteuert.

Den gleichen Vorgang können wir durch den Versuch, gemäß Aufbauplan 18, simulieren. Bei eingeschaltetem Gerät (Schiebeschalter in Stellung A) bedeutet jeder kurze Druck auf die Taste eine Motorumdrehung. Je schneller die Taste betätigt wird, um so schneller läuft unser simulierter Motor, und um so weiter schlägt das Meßinstrument aus. Der Zeigerausschlag hängt also von der Geschwindigkeit der Taktfolge des Tasters (bzw. beim Motor von der Zündfolge) ab.

"Drehzahlmesser"





Wie funktioniert diese Schaltung?

Diese Frequenz-Meß-Schaltung gleicht sehr stark dem analogen Zähler (Abbildungen 16-17 c). Der Unterschied besteht darin, daß der 100 µF Elko über den zusätzlich angebrachten 4,7 kΩ Widerstand und den über das Meßinstrument abfließenden Strom entladen wird (siehe Schaltplan 18a). Drücken wir in schneller Folge auf den Taster, gleichen wir die entladene Wirkung des 4,7 kΩ Widerstandes weitgehend aus, und das Instrument bringt einen größeren Zeigerausschlag. Bei langsamer Tastfolge ergibt sich eine geringere Aufladung des 100 µF Elkos und damit ein geringerer Zeigerausschlag.

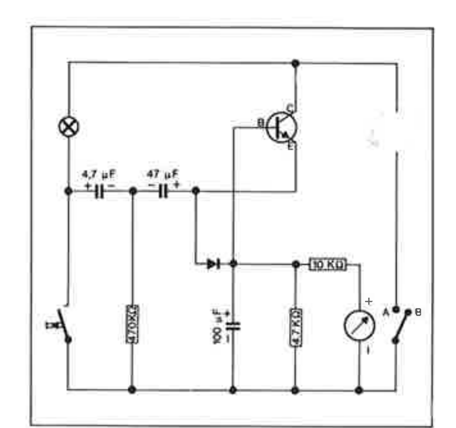


Abb. 18 a

Abb. 18

Amerikanische Streifenwagensirene

Bei Abbildung 12 hatten wir eine lichtgesteuerte Orgel mit Vibrato-Effekt aufgebaut. Der jetzt folgende Versuch, gemäß Aufbauplan 19, zeigt eine gewisse Ähnlichkeit, wobei die nun automatisch erzeugten Töne der aus Kriminalfilmen bekannten amerikanischen Streifenwagensirene entspricht.

Nach dem Einschalten des Geräts ist am Potentiometer die Tonhöhe veränderbar. Während der Ton hoch läuft, leuchtet ausserdem das Lämpchen, wodurch ein zusätzlicher Blinkeffekt entsteht. Es empfiehlt sich, mit einer Potentiometer-Einstellung am rechten Anschlag zu beginnen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Auch dieses Gerät besteht (siehe Schaltplan 19a) aus 2 Multivibratoren. Der linke Teil ist eine langsam arbeitende astabile Kippstufe, deren Kippzeit am Potentiometer einstellbar ist. Die hier erzeugte langsame Frequenz wird über die 4,7 kΩ und 47 kΩ Widerstände auf den schnellschwingenden Tongenerator (rechte Schaltungsseite) übertragen (siehe auch Abbildung 12a).



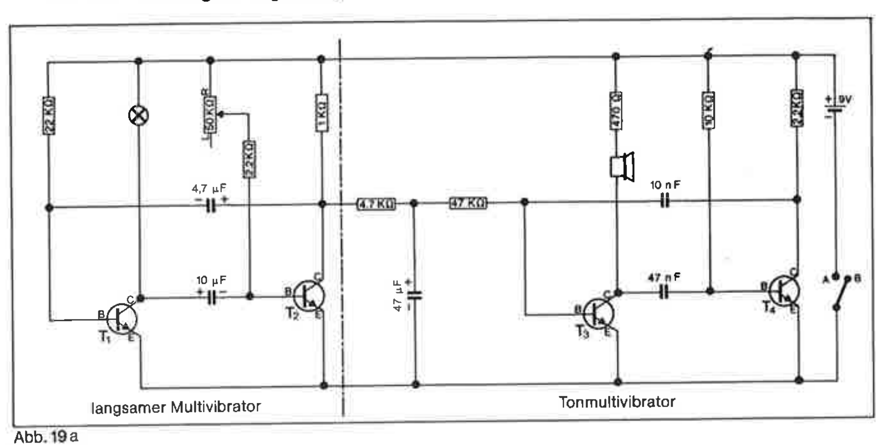


Abb. 19 a

Abb. 19

Automatische Feuersirene

Diese Schaltung, gemäß Aufbauplan 20, bringt nach dem Einschalten automatisch den typischen Feuersirenenklang, deren Ton schnell hochläuft und langsam absinkt.

Es handelt sich ebenfalls um 2, auf unterschiedlichen Frequenzen arbeitende Multivibratoren (siehe Schaltplan 20a). Die linke Kippschaltungsseite ist so ausgelegt, daß der Ton schnell hochläuft und langsam absinkt. Dies wird durch die Diode erreicht, die mit dem Collector des Transistors T 2 verbunden ist. Bis auf einige abgeänderte Widerstandswerte und Kondensatorkapazitäten entspricht der Aufbau den bereits bekannten Schaltungen.



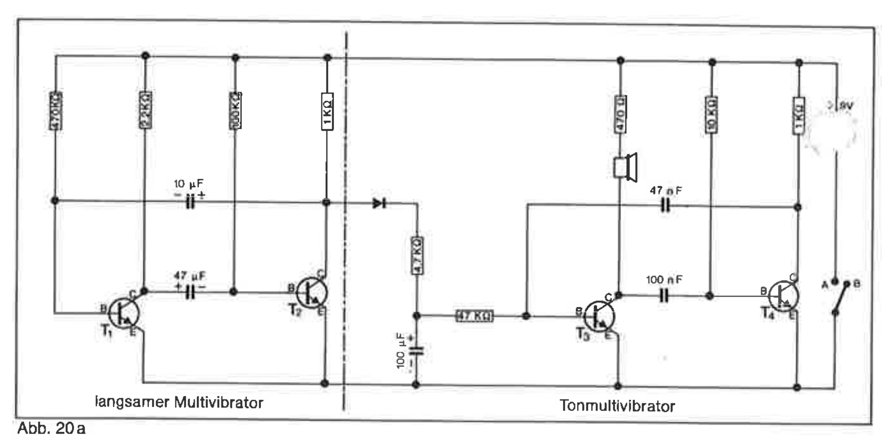


Abb. 20a

Abb. 20

Automatisches Martinshorn

Ein manuell zu bedienendes Martinshorn haben wir bei früheren Experimenten bereits kennengelernt. Der jetzt folgende Aufbauplan bringt ein Martinshorn mit automatischer Schaltung. Am Potentiometer sind Frequenzkorrekturen möglich.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der rechte Teil (siehe Schaltplan 21a) arbeitet wie bekannt als Ton-Multivibrator. Der linke Teil schaltet die Frequenz des Tongenerators höher und niederer. Er übernimmt die Funktion, die wir bei den Anfangsversuchen durch Tastendruck ausgeführt haben.
Bei der vorher beschriebenen automatischen Feuersirene waren die beiden Schaltungsteile über die Diode, sowie 4,7 kΩ und 47 kΩ Widerstände miteinander verbunden, wodurch zwischen den beiden Widerständen noch zusätzlich ein 47 µF Elko am Minuspol der Batterie geschaltet war. Dieser Elko bewirkt, daß der zur Basis des Transistors T 3 fließende Strom (der die Frequenz bestimmt) sich nur langsam verändern konnte. Somit ergab sich ein langsames An- und Abschwellen des Tons. Bei unserer Martinshorn-Schaltung steht nur ein 100 kΩ Widerstand zwischen Collector T 2 und der Basis von T 3, wodurch jetzt eine ruckartige Umschaltung der Frequenz erreicht wird. Die Zeitdauer der beiden Frequenzen zueinander läßt sich am Potentiometer ändern.

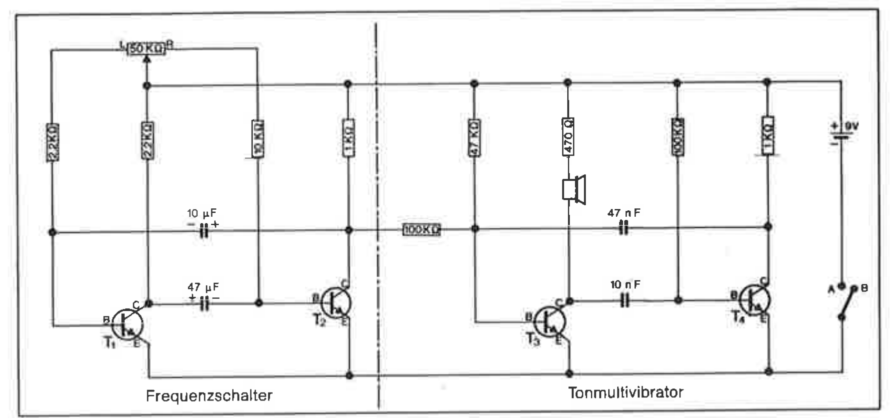


Abb. 21a

Abb. 21

Telefonzeichengeber „Besetzt“

Diese Schaltung, gemäß Aufbauplan 22, bewirkt die Nachbildung des bekannten Besetztzeichen-Tones: „tüt-tüt-tüt“.
Nach dem Einschalten des Geräts werden wieder 2 Multivibratoren in Betrieb gesetzt (siehe Schaltplan 22a). Rechts haben wir den bekannten Ton-Multivibrator. Die linke Schaltungsseite arbeitet als Pausenschalter. Der Transistor T 3 des Ton-Multivibrators wird vom Collector T 2 über den 10 kΩ Widerstand angesteuert, das heißt, ein- bzw. ausgeschaltet.



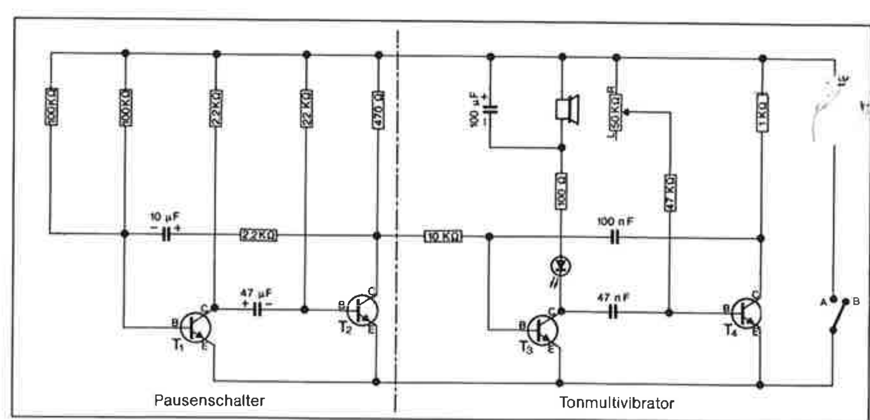


Abb. 22 a

Abb. 22



Die elektronische Nervensäge

Dieses Gerät, gemäß Aufbauplan 23, ist tatsächlich eine elektronische Nervensäge. Die Schaltung erzeugt einen sehr auffälligen Ton, welcher in einem niederen Frequenzbereich beginnt, langsam höher und schriller wird und schließlich im hohen Frequenzbereich abreißt. Dieser Vorgang wiederholt sich automatisch. Zusätzlich blinkt die rote Leuchtdiode. Das Gerät wird wie üblich durch Schiebeschalterstellung A eingeschaltet.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Die Schaltung besteht ebenfalls aus 2 Multivibratoren. Gemäß Schaltplan 23a haben wir auf der linken Seite den frequenzbestimmenden Multivibrator. Sobald Transistor T 1 leitend wird, sperrt T 2, und der 100 µF Elko lädt sich über den 47 Ω Widerstand schnell auf – der Ton schwillt an. Inzwischen sperrt Transistor T 1. Damit wird T 2 leitend, der 100 µF Elko entlädt sich, und T 3 erhält keine Ansteuerung. Hierdurch wird der Ton-Multivibrator (rechte Schaltungsseite) abgeschaltet, der Ton reißt ab.

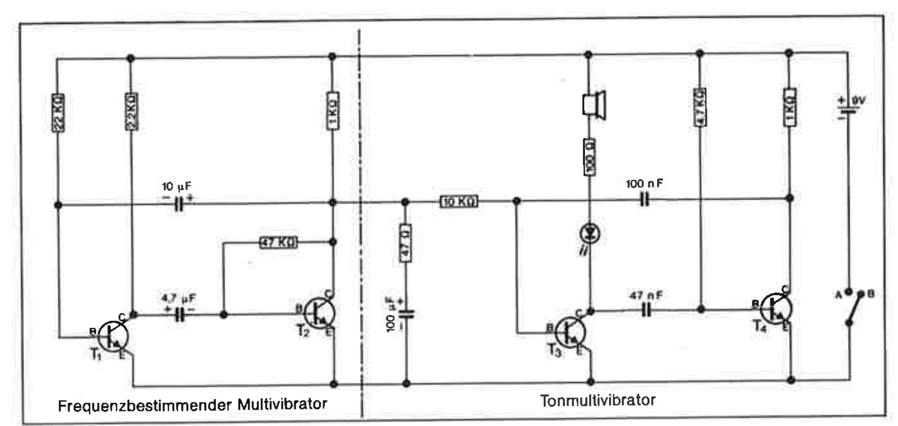


Abb. 23 a

Abb. 23

Variables Leuchtfeuer

Zur Orientierung der Kapitäne und Schiffsführer sind an den Küsten, bzw. den Ufern schiffbarer Flüsse sogenannte „Leuchtfeuer“ installiert, welche verschiedenartige Lichtimpulse abstrahlen. Jede dieser Lichtimpuls-Kombinationen hat eine spezielle Bedeutung, die in Schiffahrtsbüchern verzeichnet sind. Mit unserer Schaltung, gemäß Aufbauplan 24, können verschiedenartige Blinkkennzeichen realisiert werden. Je nach Potentiometer-Einstellung ergeben sich an der Lampe und der Leuchtdiode verschiedene Blinkzeichen, wie zum Beispiel „kurz-lang-kurz-lang“ oder „kurz-kurz-lang-kurz-kurz-lang“, bis zu Impulsfolgen von 4 kurzen zu einem langen Blinkzeichen. Die Impulsfolgen wechseln sich zwischen Lampe und LED ab. Das Gerät wird wie üblich in Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Die Schaltung (Plan 24a) besteht wieder aus 2 Multivibratoren, die als langsam schwingende, astabile Kippstufen arbeiten. Im rechten Schaltungsteil wird der eigentliche Blinkimpuls gesteuert, während der linke Schaltungsteil als „Pausenschalter“ arbeitet. Er schaltet den Blinkimpuls ein und aus.

Sobald der Transistor T 2 Ansteuerung erhält und durchschaltet, sperrt T 3. Die Blinksteuerung ist abgeschaltet, sie kann nicht schwingen. So lange die Blinksteuerung ausgeschaltet ist, leuchtet das Lämpchen ständig. So ergibt sich das lange Blinkzeichen. Während Transistor T 3 sperrt, bleibt T 4 ständig durchgeschaltet, die LED leuchtet ständig. Erst wenn T 1 durchschaltet, wird T 2 gesperrt, T 3 erhält Ansteuerung, wodurch der rechte Schaltungsteil, das heißt, die LED blinkt. Transistor T 2 bleibt so lange gesperrt, bis sich der 47 µF Elko über den 4,7 kΩ Widerstand und das Potentiometer entladen hat. So wird deutlich, daß am Potentiometer die Zeit eingestellt wird, in welcher der Blinkimpulsteil schwingen kann.

Elektronisches Roulette

Nun bauen wir, gemäß Abbildung 25, ein elektronisches Glücksspiel auf. Unter der Voraussetzung, daß unsere Batterie noch die volle 9 V Spannung bringt, ergibt sich mit 50-prozentiger Wahrscheinlichkeit entweder das Aufleuchten der weißen Lampe oder der roten LED.

Das Gerät ist bei Schiebeschalterstellung A betriebsbereit. 2 oder mehr Mitspieler setzen zum Beispiel 10 Pfennig auf weiß oder rot. Die gesetzten Münzen werden bei der Lampe, bzw. Leuchtdiode deponiert. Abwechselnd drückt einer der Mitspieler die Taste und gibt sie nach einigen Sekunden wieder frei. Jetzt leuchtet entweder weiß

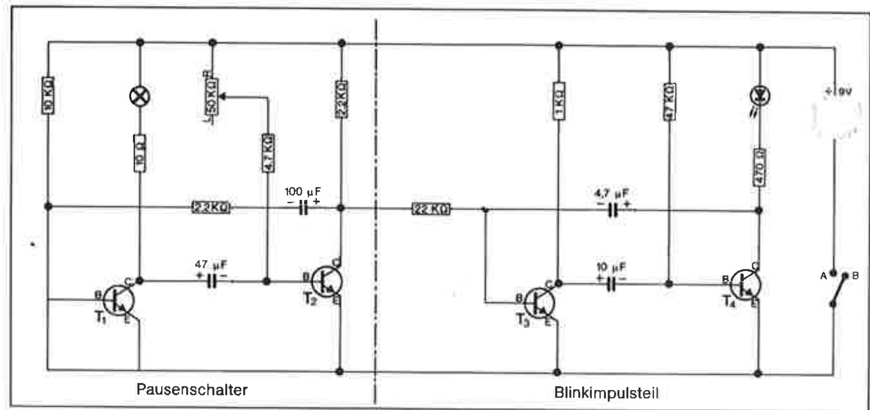


Abb. 24 a

Abb. 24

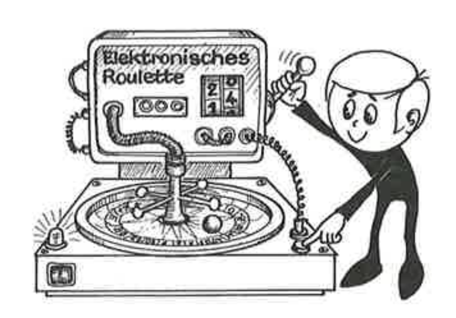
(Lampe) oder rot (LED) auf. Die gesetzte Farbe gewinnt die Münzen, die beim nichtleuchtenden Teil deponiert worden sind. Das Gerät hat in einer tausendstel Sekunde entschieden, ob weiß oder rot aufleuchten wird. Viel Glück beim elektronischen Roulett und bitte nicht vergessen, nach Beendigung des Spiels das Gerät wieder abzuschalten.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Die Schaltung, gemäß Abbildung 25 a, stellt einen sogenannten Zufallsgenerator dar. Er besteht aus 2 Kippstufen. Die linke Schaltungsseite ist ein im Tonfrequenzbereich schwingender astabiler Multivibrator, welcher uns aus verschiedenen Versuchen bekannt ist. Die rechte Schaltungsseite ist eine bistabile Kippstufe (Ein-Aus-Kippstufe), wie wir diese im Teil 1 (bei Abbildung 45) als ferngesteuertes elektronisches Relais kennengelernt haben. Beide Schaltungsteile werden über den Taster zusammengeschaltet.

Bei geschlossenem Schiebeschalter und nicht gedrücktem Taster arbeitet nur der linke astabile Multivibrator, welcher im Schaltplan mit Frequenzsteuerung (Taktgeber) bezeichnet ist. Bei gedrücktem Taster wird der rechte Schaltungsteil ebenfalls angesteuert (Ein-Aus-Kippstufe). Dieser schwingt nun in der gleichen Frequenz wie der linke Schaltungsteil. Beim Loslassen der Taste bleibt die rechte Ein-Aus-Kippstufe in der letzten Schwingungsphase stehen, wobei durch die schnell schwingende Frequenz entschieden wurde, ob weiß (Lampe) oder rot (LED) aufleuchtet. Würden wir zum Beispiel die Taste loslassen, als gerade für eine tausendstel Sekunde der Transistor T 2 leitend war, so würde T 3 gesperrt und bleibt (durch die Ein-Aus-Kippstufe) auch weiterhin gesperrt, die rote LED leuchtet. Wurde die Taste losgelassen solange T 2 gesperrt war, dann wurde zuletzt T 3 durchgeschaltet und bleibt auch durchgeschaltet, die Lampe brennt.

Bei geschlossener Taste glimmt sowohl die Lampe als auch die Leuchtdiode. Dieses ergibt sich aus der Tatsache, daß die Ein-Aus-Kippstufe während dieser Zeit als Blinklicht mit sehr hoher Frequenz arbeitet, wodurch abwechselnd Lampe, bzw. LED in sehr schneller Folge ein-, bzw. ausgeschaltet werden.



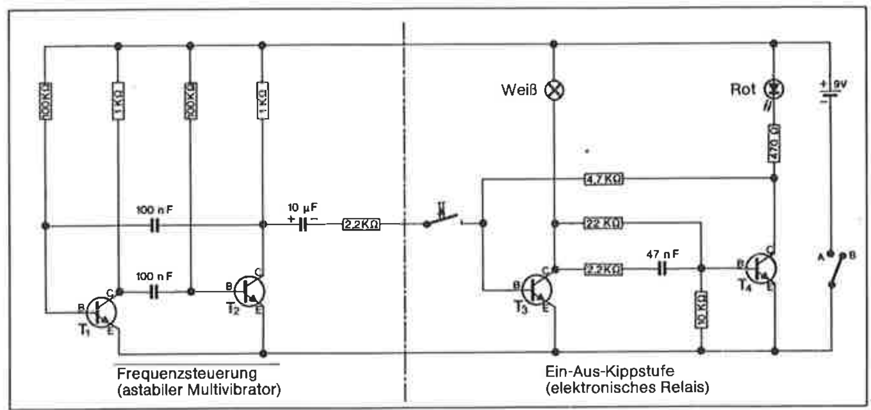


Abb. 25 a

Abb. 25

Reaktions-Testgerät

Der einfache, aber hochinteressante Versuch, gemäß Aufbauplan 26, ist nicht nur ein Geschicklichkeits- und Reaktions-Testgerät. Er ist zugleich ein Grundsatzversuch, mit dem wir uns ausführlich beschäftigen sollten, weil uns mehrere elektronische Vorgänge klargemacht werden, die wir bisher vielleicht noch nicht richtig verstanden haben. Vor allem wird uns dann auch die sich anschließende Abhandlung über Strom und Spannung sehr schnell einleuchten, was zum Verständnis der weiteren elektronischen Vorgänge unerläßlich ist. Kommen wir zunächst zur Beschreibung des Reaktions-Testgeräts: Das Gerät ist betriebsbereit, sobald die Batterie angeschlossen ist. Eine Testperson bedient den Taster, eine andere Testperson den Schalter. Auf Zuruf durch eine dritte Person versuchen die Testpersonen, so schnell wie möglich Schalter, bzw. Taster zu schließen. Wird der Schalter zuerst betätigt, leuchtet die LED. Wird der Taster zuerst betätigt, leuchtet die Lampe. Auch wenn Schalter und Taste anscheinend gleichzeitig gedrückt werden, leuchtet nur die Anzeige, dessen Schaltelement effektiv zuerst betätigt worden ist. Falls wir bereits die Vorstufe 2060 zum Electronic-Studio besitzen, kann anstelle des Schalters ein zweiter Taster verwendet werden. Nach Beendigung des Versuchs nicht vergessen, die Batterie abzuklemmen, weil auch ohne Betätigung eines Schaltelements Strom verbraucht wird.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Solange weder Schalter noch Taster geschlossen ist, erhält Transistor T 1 über die Lampe und den 2,2 kΩ Widerstand die erforderliche Basisspannung. Transistor T 2 erhält gleichzeitig seine Ansteuerung über die LED, den 470 Ω und 2,2 kΩ Widerstand. Durch die beiderseits geöffneten Schaltelemente sind jedoch durch die Collector-Stromkreise beider Transistoren unterbrochen.

Wird nun zum Beispiel der Schalter zuerst geschlossen, schließt sich der Stromkreis vom Minuspol der Batterie über die leitende Collector-Emitter-Strecke des Transistors T1 zur LED. Die LED brennt. Gleichzeitig wird Transistor T 2 der Basisstrom entzogen (er sperrt), weil er jetzt über den 2,2 kΩ Widerstand ebenfalls mit seiner Basis am Batterie-Minuspol angeschlossen ist. Wird kurz nach dem Schalter auch die Taste betätigt, so kann die Lampe nicht brennen, weil T 2 nicht angesteuert werden kann.

Wurde der Taster zuerst betätigt, wird T 2 leitend, der Lampenstromkreis ist über dessen Collector-Emitter-Strecke geschlossen, die Lampe leuchtet. Gleichzeitig wird Transistor T 1 über den 2,2 kΩ Basis-Widerstand gesperrt, weil nun unterhalb der Lampe keine positive Spannung mehr vorhanden ist.

Um es nochmals zu wiederholen: Die in unserem Electronic-Studio verwendeten NPN-Transistoren benötigen, um leitend zu sein, zwischen Basis und Emitter eine geringe positive Spannung. Der Transistor T 1 erhält diese Spannung vom Pluspol der Batterie über die Lampe und den 2,2 kΩ Widerstand. Transistor T 2 erhält seine positive Spannung über die LED, den 470 Ω und den zweiten 2,2 kΩ Widerstand. Betätigen wir zuerst den Taster, dann leuchtet die Lampe, weil der Minuspol der Batterie über die Collector-Emitter-Strecke des Transistors T 2 und über den Taster an die eine Lampenseite angelegt wird. An der anderen Lampenseite liegt der Batterie-Pluspol an. Der Batterie-Minuspol gelangt gleichzeitig als negative Spannung über den 2,2 kΩ Widerstand zur Basis von T 1. T 1 sperrt und somit ist seine Collector-Emitter-Strecke unterbrochen. Auch wenn wir jetzt den Schalter betätigen würden, kann sich kein Stromkreis zur LED ergeben. Dasselbe gilt sinngemäß umgekehrt, wenn zuerst der Schalter und dann der Taster betätigt wird. In diesem Fall fehlt der Basis des Transistors T 2 die notwendige Spannung [illegible]. nur die LED kann leuchten.

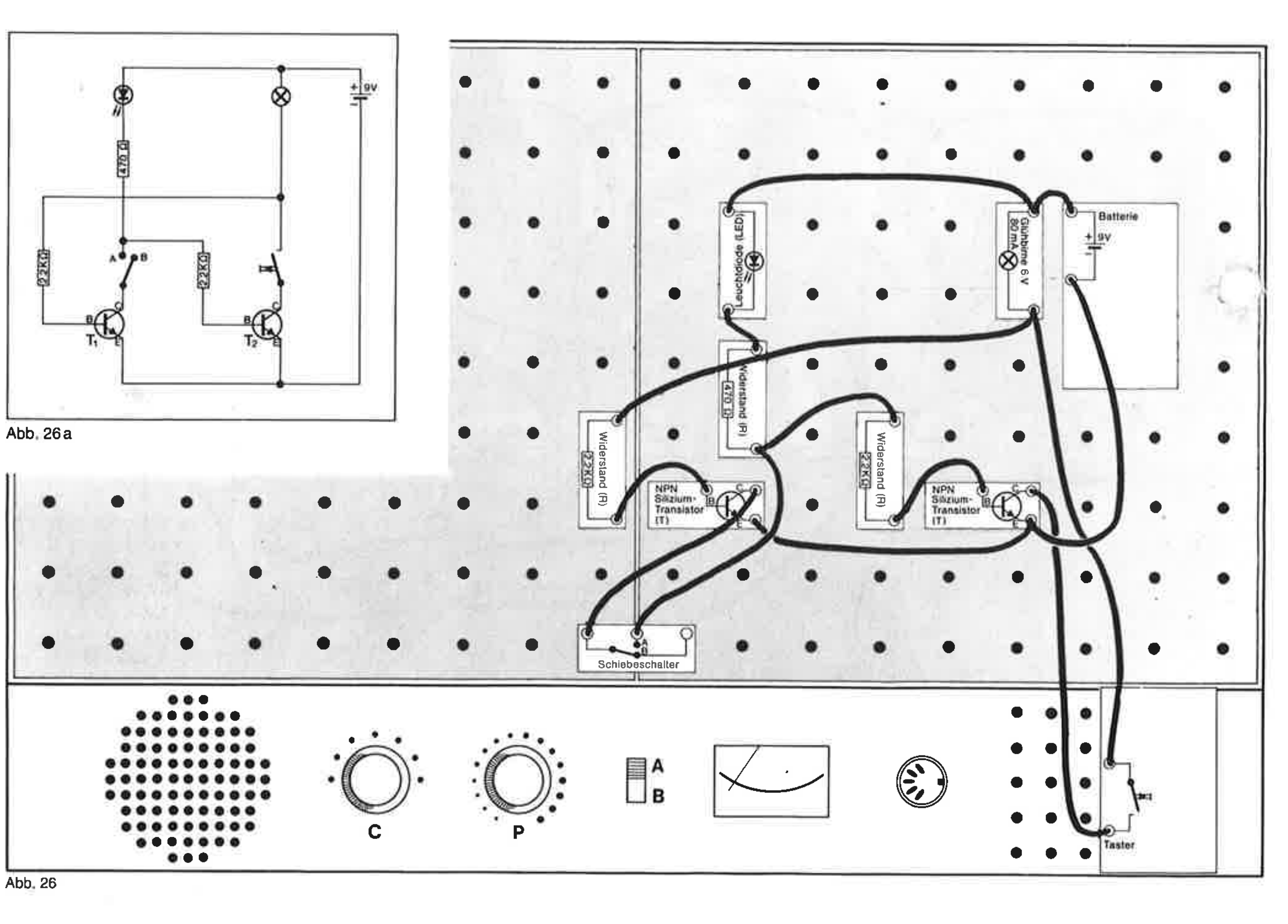


Abb. 26a

Abb. 26

Strom und Spannung

Wir sollten uns noch einmal mit den Begriffen Strom und Spannung etwas ausführlicher beschäftigen. Wir wissen, daß ein Strom durch eine Spannung verursacht wird. Wir dürfen jedoch diese beiden Begriffe nicht verwechseln. Mit Strom bezeichnet man den Elektronen-Fluß. Der Strom „fließt" also. Strom kann jedoch nur in einem geschlossenen Stromkreis fliessen. Im Gegensatz zum fließenden Strom haben wir eine „stehende Spannung". Die Spannung „fließt" nicht, sondern sie gibt an, wie groß der Elektronen-Überschuß auf der einen Seite, bzw. der Elektronen-Mangel auf der anderen Seite ist (siehe auch Abbildungen 5–7 im Teil 1). Je größer der Elektronen-Überschuß, bzw. -Mangel ist, um so größer ist auch die Spannung, und um so größer ist das Bestreben der Elektronen, diesen Spannungsunterschied auszugleichen. Eine Spannung steht also grundsätzli[illegible]wischen 2 Punkten einer Schaltung.

Die beiden elektrischen Größen Strom und Spannung sind voneinander abhängig. Durch einen Widerstand (R) fließt bei einer gleichmäßigen Spannung ein gleichmäßiger Strom bestimmter Stärke (siehe Abbildung 27a). Wenn wir die Spannung vergrößern, vergrößert sich auch der Strom, der durch den Widerstand fließt. Wird die Spannung kleiner, wird auch der fließende Strom kleiner. Wird bei gleichbleibender Spannung der Widerstand vergrößert, so wird der fließende Strom kleiner. Wird der Widerstand verkleinert, dann fließt mehr Strom. Wir sehen also, daß 3 Größen, nämlich Spannung **(U)**, Strom **(I)** und Widerstand **(R)** fest voneinander abhängig sind. Wird eine dieser 3 Größen geändert, muß sich automatisch eine andere mitändern. Diese gegenseitige Abhängigkeit ist in einer dreifach variablen Formel enthalten:

$\mathbf{U = R \times I}$ oder $\mathbf{R = \frac{U}{I}}$ oder $\mathbf{I = \frac{U}{R}}$

Mit dieser Formel können wir jetzt, wenn wir zwei der Größen kennen, immer die dritte [illegible]nde berechnen. Wir haben zum Beispiel im Stromkreis der Abbildung 83 a eine Spannung (U) von 9 V und einen Widerstand (R) von 100 Ω. Aus diesen beiden Angaben läßt sich jetzt der fließende Strom errechnen:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9\,V}{100} = 0{,}09\ A\ (90\ mA)$$

Milliampère (mA) ist 1-tausendstel Ampère (A).

Ein anderes Beispiel: durch eine Leuchtdiode darf höchstens ein Strom von 20 mA (0,02 A) fließen, ohne daß sie zerstört wird. Bei voller Batteriespannung und dem geringen Widerstand einer LED würde jedoch ein wesentlich größerer Strom als 20 mA fließen. Wir benötigen also einen „Vorwiderstand", der den Strom auf 20 mA begrenzt (siehe Abbildung 27b). Die Größe dieses Vorwiderstands läßt sich wie folgt berechnen:

$$R = \frac{U}{I} \qquad R = \frac{9\,V}{0{,}02\,A} = 450\,\Omega$$

Damit bei 9 V der Stromfluß von 20 mA nicht überschritten wird, benötigen wir einen Widerstand von mindestens 450 Ω. Wir verstehen jetzt, warum vor unserer Leuchtdiode immer ein 470 Ω Widerstand geschaltet werden muß.



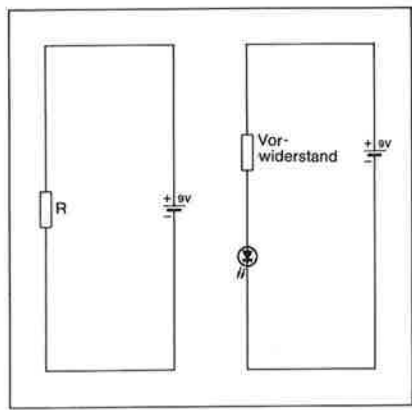


Abb. 27a Abb. 27b

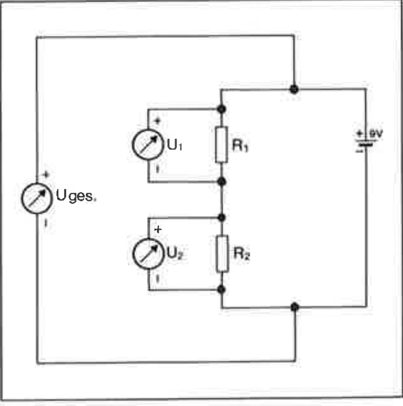


Abb. 27c

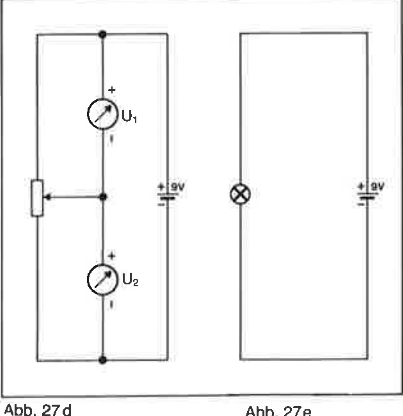


Abb. 27d Abb. 27e

Was ist ein Spannungsteiler?

Wir müssen uns auch noch einmal mit der Reihenschaltung von Widerständen befassen. 2 in Reihe geschaltete Widerstände zeigen nämlich eine Eigentümlichkeit, welche in der Elektronik eine große Rolle spielt: sie teilen die gesamte (Batterie-) Spannung in zwei Teilspannungen auf. Betrachten wir jetzt die Abbildung 27c und nehmen an, der Widerstand R 1 hat 4,7 kΩ und R 2 hat 47 kΩ. R 2 ist also genau 10mal größer als R 1. Gehen wir davon aus, daß die Gesamtspannung (U ges.) 9 V beträgt. Messen wir nun die Spannung U 1 am Widerstand R 1, so beträgt diese ca. 0,8 V. An R 2 beträgt die Spannung U 2 ca. 8,2 V. Die Spannung U 2 ist demnach (genau wie der Widerstand R 2) 10mal größer als die Spannung U 1, die sich an R 1 ergibt. Die Spannung wird proportional zur Widerstandsgröße aufgeteilt. Die beiden Spannungen U 1 und U 2 ergeben die Gesamtspannung (U ges.). Durch geschickte Widerstandskombinationen können wir bei einer Batterie-Gesamtspannung von 9 V jede beliebige Teilspannung zwischen 0 und 9 V errei chen. Nehmen wir an, die Widerstände R 1 und R 2 wären gleich groß, dann ist auch die Spannung U 1 und U 2 ebenfalls gleich groß. Da U 1 und U 2 gleich sind, steht an jedem Widerstand die halbe Batteriespannung, also 4,5 V. Die Verhältnisse der Spannungen U 1 und U 2 und der Widerstände R 1 und R 2 lassen sich in einer Formel ausdrücken:

$$\mathbf{\frac{R\,1}{R\,2} = \frac{U\,1}{U\,2}}$$

Auch das Potentiometer wird oft als Spannungsteiler eingesetzt (siehe Abbildung 27d). Die Widerstandsschicht wird durch den Schleifer des Potentiometers in zwei Teile geteilt. Je nachdem wo der Schleifer steht, ändert sich das Verhältnis der Widerstandswerte zueinander, und damit ändert sich auch die abgegriffene Spannung U 2. Mit dem Schleifer läßt sich jede beliebige Spannung zwischen 9 und 0 V abgreifen. U 1 und U 2 ergänzen sich immer zur vollen Gesamt-Batteriespannung mit 9 V.

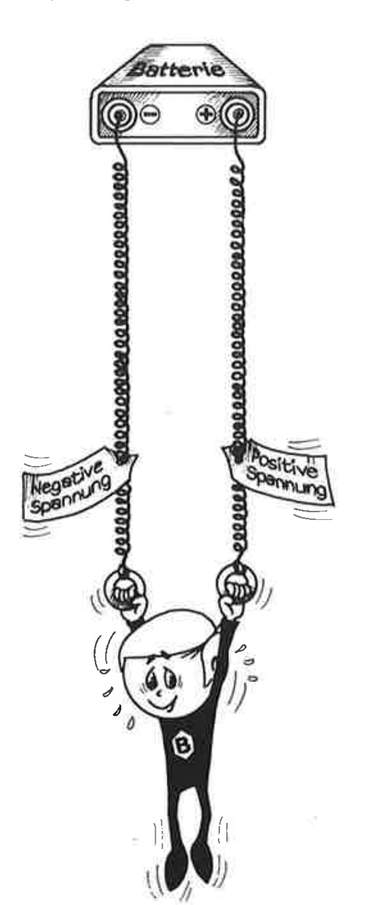
Gibt es positive und negative Spannungen?

In der Abbildung 27e haben wir einen einfachen Stromkreis, welcher nur aus einer Lampe und einer Batterie besteht. Somit ist der Pluspol der Batterie direkt mit der Lampe verbunden. Man sagt „es steht eine positive Spannung am Lämpchen an". Der Minuspol der Batterie ist jedoch ebenfalls mit dem Lämpchen verbunden, so daß man genauso gut sagen könnte „es steht eine negative Spannung an". Wenn man von einer positiven oder einer negativen Spannung spricht, ist es erforderlich, einen Bezugspunkt anzugeben, gegen den die Spannung entweder positiv oder negativ ist. Sprechen wir zum Beispiel von einer negativen Spannung, dann ist der Bezugspunkt der Pluspol der Batterie.

Man sagt auch: an der Basis eines Transistors „steht eine positive Spannung an". Hierunter ist eine Spannung zu verstehen, die positiv gegenüber dem Minuspol der Batterie ist und außerdem groß genug ist, den Transistor durchzuschalten (leitend zu machen). Sagt man an der Basis eines Transistors liegt eine „negative Spannung an" dann heißt das, das die Basis mit dem Minuspol der Batterie verbunden ist, und sich somit gegenüber dem Pluspol der Batterie eine negative Spannung ergibt.

Bei verschiedenen Schaltungsbeschreibungen haben wir auch gelesen „daß der Basis eines Transistors die Spannung entzogen wird". Was ist darunter zu verstehen?

An einem Transistor steht über einen Widerstand eine positive Basisspannung an. Oftmals wird durch einen zweiten Transistor (dessen Collector-Emitter-Strecke leitend wird) die Basis des ersten Transistors mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Damit steht jetzt eine „negative Spannung" an der Basis des ersten Transistors. Wenn auch der Emitter dieses Transistors am Batterie-Minuspol angeschlossen ist, ergibt sich zwischen Emitter und Basis kein Spannungsunterschied, der Transistor sperrt. Derselbe Vorgang kann auch durch Laden, bzw. Entladen eines Kondensators herbeigeführt werden. Mit der Bezeichnung „einem Transistor die Spannung entziehen" wird kenntlich gemacht, daß an der Basis eines Transistors die zum Durchschalten notwendige positive Spannung nicht mehr vorhanden ist.



Der Transistor als elektronischer Spannungsregler

Die Basis-Emitter-Strecke eines Transistors stellt im Prinzip einen elektronischen Spannungsregler dar, welcher sich immer so einregelt, daß zwischen Basis und Emitter eine Spannung von ca. 0,6 V (je nach Ausführungsart des Transistors) stehen bleibt. Der Transistor wendet für die Regelfunktion das Prinzip des „Spannungsteilers" an. Wir wissen, daß ein Spannungsteiler immer aus zwei Widerständen besteht, an welchen je nach Widerstandsgröße zwei verschiedene Spannungen anstehen. Betrachten wir als Beispiel die Abbildung 28: der Widerstand R hat eine bestimmte Größe. Die Basis-Emitter-Strekke stellt ebenfalls einen Widerstand dar, welcher sich automatisch so einregelt, daß zwischen Basis und Emitter immer 0,6 V stehen bleiben. Es müssen also am Widerstand R die restlichen 8,4 V anstehen. Ist der Widerstand R sehr groß, muß auch der Basis-Emitter-Widerstand relativ groß sein. Ist der Widerstand R groß, dann fließt ein kleiner Strom über die Basis-Emitter-Strekke. Ist der Widerstand R klein, muß auch der Basis-Emitter-Widerstand klein sein, das heißt, daß jetzt über die Basis-Emitter-Strecke ein großer Strom fließt. Der Strom, der über die Emitter-Collector-Strecke des Transistors fließt, ist immer im gleichen Verhältnis größer, als der Strom, der über die Basis-Emitter-Strecke fließt.

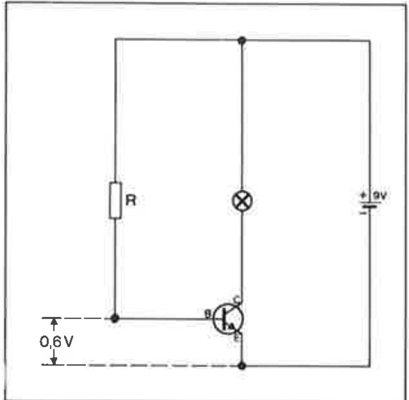


Abb. 28

Würden wir in Abbildung 28 den Widerstand R immer kleiner machen, würde auch der Basis-Emitter-Widerstand immer kleiner werden. Dadurch würde der über die Basis-Emitter-Strecke fließende Strom immer größer werden. Wenn wir an der Basis eines Transistors einen sehr kleinen Widerstand (z. B. 10 Ω) verwenden, fließt noch ein so großer Strom, daß der Transistor zerstört wird.

Warum sollen wir große Ströme und hohe Spannungen benutzen, wenn wir mit geringsten Strömen und kleinsten Spannungen die gleichen Effekte erzielen? Das ist einer der großen Vorteile der Transistor-Technik.

Doppel-Sensortaste mit Selbsthaltung (Flip-Flop)

Im Teil 1 hatten wir bei Abbildung 14 eine einfache 2 Transistor-Sensortaste aufgebaut. Solange unser Finger die Schaltungspunkte berührte, leuchtete das Lämpchen. Beim Abheben des Fingers ging die Lampe wieder aus.

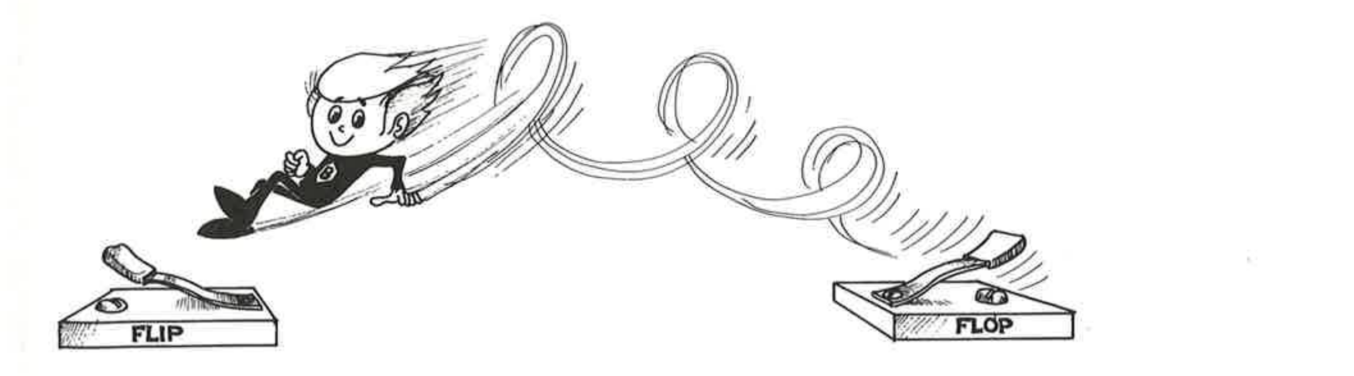
Diese Schaltung wollen wir nun, gemäß Aufbauplan 29, so ergänzen, damit eine kurze Fingerberührung an dem mit „Ein" bezeichneten Sensorpunkt genügt, um die Lampe einzuschalten. Der Einschaltzustand soll so lange erhalten bleiben, bis wir mit einer weiteren kurzen Berührung des Sensorpunktes „Aus" den Ausschaltvorgang herbeiführen, welcher dann ebenfalls erhalten bleibt. Unser Gerät wird wie üblich in Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wenn wir den Schaltplan 29a betrachten, können wir feststellen, daß für diesen Aufbau keinerlei Kondensatoren verwendet wurden. Hierdurch sind die verschiedenen Stromkreise besonders gut zu erkennen. Gehen wir davon aus, daß bei geschlossenem Schiebeschalter zunächst folgende Stromkreise in Funktion sind: Vom Pluspol der Batterie fließt ein Strom über den 10 kΩ Widerstand zum 47 kΩ Widerstand, wodurch der Transistor T 3 leitend ist. T 3 steuert seinerseits T 4 an, und dieser wird ebenfalls leitend, wodurch über die Collector-Strecke des Transistors T 4 der Stromkreis zur Lampe geschlossen ist. Die Lampe brennt.

Berühren wir nun den Sensorpunkt „Aus" fließt ein Strom vom Batterie-Pluspol über den 47 Ω Widerstand durch unsere Fingerspitze zum 1 kΩ Widerstand an die Basis von T 2. Transistor T 2 wird leitend, und es entsteht über seine Collector-Strecke ein neuer Stromkreis vom Batterie-Minuspol über den 10 kΩ Widerstand zum Batterie-Pluspol. Damit fehlt dem Transistor T[illegible] erforderliche positive Basisspannung (weil über den 47 kΩ Widerstand der Batterie-Minuspol jetzt als negative Spannung an seiner Basis steht). T 3 sperrt, und damit sperrt auch T 4, die Lampe geht aus. Auch wenn wir inzwischen den Finger vom Sensorpunkt „Aus" abgenommen haben, ist Transistor T 2 trotzdem noch leitend, weil ein geringer Steuerstrom über den Batterie-Pluspol und die 22 kΩ und 100 kΩ Widerstände zur Basis von T 2 gelangt. Somit bleibt die Lampe ausgeschaltet.

Berühren wir jetzt den Sensorpunkt „Ein", fließt ein Strom vom Batterie-Pluspol über den 100 Ω Widerstand und unsere Fingerspitze zum 1kΩ Widerstand und von dort an die Basis T 1. Transistor T 1 wird leitend, wodurch der Minuspol der Batterie über die Collector-Emitter-Strecke von T 1 an den 22 kΩ Widerstand gelegt wird. Jetzt „teilt" dieser 22 kΩ Widerstand die Spannung, das heißt, über die Emitter-Collector-Strecke des Transistors T 1 und 100 kΩ Widerstand gelangt eine negative Spannung an der Basis von T 2. Oder anders ausgedrückt, dem



Transistor T 2 fehlt die positive Basisspannung. Man sagt: „T 1 entzieht T 2 die Basisspannung". T 2 sperrt und der eingangs geschilderte Lampenstromkreis ist eingeschaltet, die Lampe brennt. Da T 1 nun über den 10 kΩ und den 100 kΩ Widerstand die erforderliche positive Basisspannung auch weiterhin erhält, bleibt die Lampe ausgeschaltet. Die Transistoren T 1 und T 2 sind zu einem sogenannten „Flip-Flop" zusammengeschaltet. „Flip-Flop" bedeutet eine stabile Schaltung, die über zwei getrennte Tasten (oder Sensorschaltpunkte) betätigt wird, wobei sich am Collector der Transistoren T 1 und T 2 ein jeweils stabiler Signalzustand ergibt, der davon abhängig ist, welcher von beiden Sensorpunkten zuvor betätigt wurde.

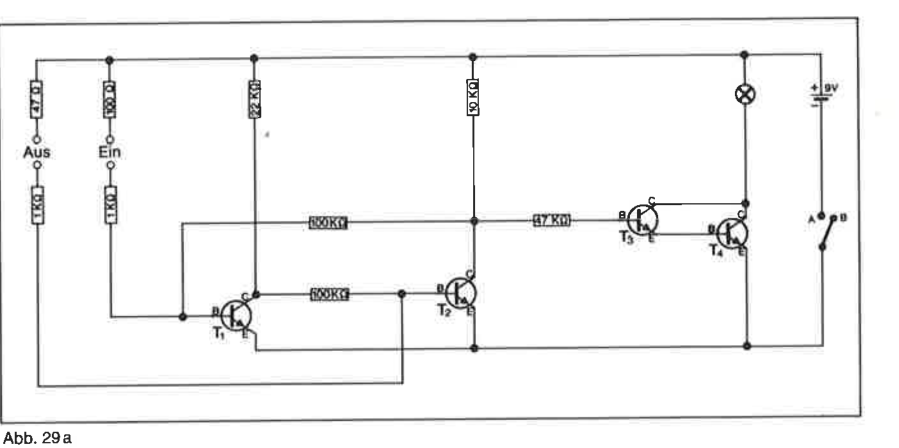


Abb. 29 a

Abb. 29

Schußdetektor als akustischer Alarmschalter mit Selbsthaltung

Derartige Schaltungen sind im Alarmanlagenbau häufig anzutreffen. Ein plötzliches Schallereignis, z. B. ein Pistolenschuß, wird von der Schaltung registriert und zur Auslösung der Alarmvorrichtung benutzt. Je nach Einstellung des Geräts können auch geringere Schallereignisse, wie zum Beispiel Stimmen zur Alarmauslösung dienen. Oft sieht man auch an Schaufenstern von Juweliergeschäften, daß kleine Mikrofone angeklebt sind, die eventuell eingeschlagene Scheiben registrieren. Es werden Schallwellen in Alarmauslösung umgesetzt, die bei einer vorsichtigen Betätigung mit einem Glasschneider entstehen. Es gibt auch „akustische Schalter", die zum Beispiel ein Tonbandgerät in Betrieb setzen, um entweder einen Einbrecher durch vorher aufgenommenes Hundegebell zu vertreiben oder um Tonbandaufnahmen zu machen, die zur Überführung der Täter dienen können.

Ein solches Gerät bauen wir gemäß Aufbauplan 29. Eine sehr ähnliche Schaltung hatten wir in Teil 1, als „Lichtorgel-Prinzipschaltung", bereits aufgebaut. Dort wurde ebenfalls durch ein Schallereignis ein Lämpchen zum Aufleuchten gebracht, was nach kurzer Zeit selbsttätig ausging.

Unser jetzt auszuführendes Experiment ist so ausgelegt, daß die durch Schall eingeschaltete Lampe nur durch Tastendruck (sogenannte Rücksetztaste) gelöscht werden kann.

Das Gerät wird in Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen. Am Potentiometer kann die Empfindlichkeit der Schaltung eingestellt werden.

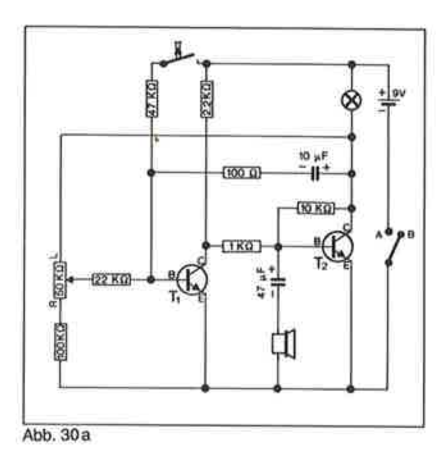
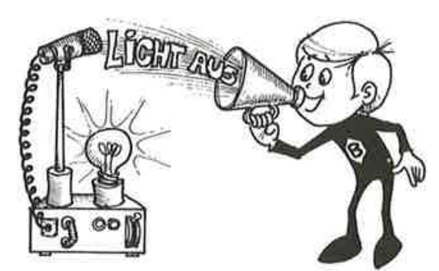


Abb. 30 a

Akustisch ferngesteuerter Ein-/Ausschalter



"Akustischer Ausschalter"

Bei diesem akustischen Spezialschalter, gemäß Aufbauplan 87, genügt ein Geräusch (z. B. Husten oder Händeklatschen), um ein Lämpchen einzuschalten. Bei einem erneuten Schallsignal schaltet sich die Lampe wieder aus. Ohne die Schaltung zu berühren, wird also nur durch eingefangene Schallwellen sowohl der Ein-, als auch der Ausschaltvorgang herbeigeführt. Da unsere Schaltung verhältnismäßig empfindlich ist, macht das Experimentieren mit diesem Gerät viel Spaß. **Achtung!** Mit dem Transistor-Testgerät, gemäß Aufbauplan 55, hatten wir den Transistor mit der geringsten Verstärkerleistung ausgesucht und mit „A" und den Transistor mit der größten Verstärkerleistung mit „B" bezeichnet. Wir

Abb. 30

beachten gemäß Aufbauplan, daß wir die mit A und B bezeichneten Transistoren an den richtigen Stellen einsetzen.

Bei Schiebeschalterstellung A ist unser Gerät betriebsbereit. Wenn wir aus einiger Entfernung einmal in die Hände klatschen, schaltet sich die Lampe ein, bei erneutem Händeklatschen schaltet sich die Lampe wieder aus.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Aus dem Schaltplan 31a sehen wir auf der linken Seite einen NF-Verstärker, die rechte Seite stellt ein Flip-Flop (elektronisches Relais) als Ein-Aus-Kippstufe dar.

Der NF-Verstärker verstärkt die vom Lautsprecher (als Mikrofon) aufgefangenen Schallwellen und bringt sie als Wechselspannung über den Collector-Stromkreis des Transistors T 2 zum Flip-Flop. Die Funktion eines NF-Verstärkers wird bei den [illegible]-Versuchen noch ausführlich beschrieben.

Wir nehmen an, die Lampe leuchtet. Über den NF-Verstärker wird das Händeklatschen in eine Wechselspannung umgesetzt. Somit gelangt vom Collector des Transistors T 2 ein kurzer Wechselspannungsimpuls über den 100 nF Kondensator und die Widerstände 1 kΩ und 4,7 kΩ zur Basis von T 3. Der Transistor T 3 wird leitend, wodurch T 4 die Basisspannung entzogen wird. T 4 sperrt den Lampenstromkreis, die Lampe geht aus. Jetzt erhält T 3 vom Batterie-Pluspol über die Lampe, die 47 kΩ und 4,7 kΩ Widerstände, weiterhin die erforderliche Basisspannung, das heißt, die Lampe leuchtet auch weiterhin nicht. Kommt jetzt durch ein erneutes Händeklatschen über T 2 wieder ein Wechselspannungsimpuls, so gelangt dieser ebenfalls über den 100 nF Kondensator und die 1 kΩ und 4,7 kΩ Widerstände zur Basis von T 3. Wechselspannung bedeutet eine sehr schnell wechselnde negative und positive Spannung. Positive Spannung öffnet T 3, negative Spannung sperrt T 3. Durch das schnelle Öffnen und Sperren von T 3 wird T 4 gerade soviel leitend, daß sich über den 10 µF Elko, sowie über die 2,2 kΩ und 4,7 kΩ Widerstände eine Rückkopplung ergibt, wodurch T 3 jetzt endgültig gesperrt wird. Da nunmehr T 4 wieder die erforderliche Basisspannung erhält, öffnet sich der Lampenstromkreis, die Lampe leuchtet.

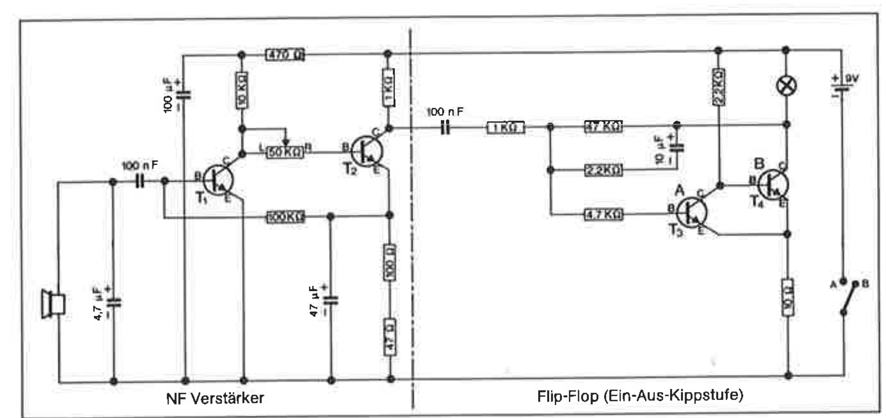


Abb. 31a

Abb. 31

Langsam arbeitender Sägezahngenerator

Das Experiment, gemäß Aufbauplan 32, stellt wieder einen Grundsatzversuch dar, und wir wollen uns bemühen, die Vorgänge zu verstehen.

Bei Schiebeschalterstellung A sehen wir, daß der Zeiger des Meßinstruments langsam immer weiter ausschlägt und plötzlich auf den Nullpunkt zurückkehrt, um sofort erneut langsam anzusteigen. Während der ansteigenden Spannung brennt die Lampe. Sie erlischt kurzzeitig mit dem Zeigerrücklauf. Am Potentiometer kann der Vollausschlag des Meßinstruments eingestellt werden. Wenn wir die langsam ansteigende und schnell abfallende Spannung zeichnerisch darstellen, ergibt sich eine sägezahnförmige Anordnung gemäß Abbildung 33.

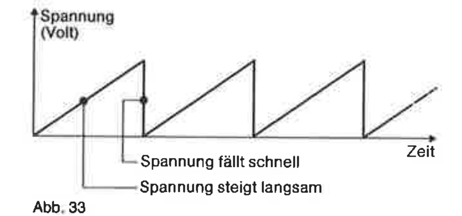


Abb. 33

Wie funktioniert diese Schaltung?

Zunächst erhält der Transistor T 3 vom Pluspol der Batterie über den 4,7 kΩ Widerstand eine Basisspannung. T 3 schaltet durch und schließt den Lampenstromkreis, die Lampe brennt. Gleichzeitig wird über den 4,7 kΩ und 47 kΩ Widerstand der 47 µF Elko langsam aufgeladen. Durch die langsam ansteigende Elko-Spannung erhält auch die Basis von T 1 eine langsam ansteigende positive Spannung. T 1 öffnet seinen Collector-Stromkreis immer weiter, wodurch auch über den 10 kΩ Widerstand und das Potentiometer die Spannung am Meßinstrument steigt (langsam ansteigender Zeigerausschlag). Solange am 47 µF Elko eine geringe Spannung vorhanden ist, sperrt Transistor T 2, weil an seinem Emitter über den durchgeschalteten T 3 und den 47 Ω Widerstand zwar eine positive Spannung vorhanden ist, die allerdings durch den 100 Ω Widerstand nur ungefähr der halben Batteriespannung (ca. 5 V) entspricht. Um leitend zu werden, benötigt die Basis von T 2 eine höhere positive Spannung, als die am Emitter anstehende Spannung. Erst wenn durch die Aufladung des 47 µF Elkos eine etwas höhere Spannung (ca. 5,6 V) gegenüber dem Emitter von T 2 (mit ca. 5 V) vorhanden ist, reicht die jetzt „positivere" Basisspannung aus, um T 2 leitend zu machen. T 2 schaltet durch. Der 47 µF Elko entlädt sich jetzt schnell über die Basis-Emitter-Strecke des T 2 und den 100 Ω Widerstand, weil nach Sperrung von T 3 keine positive Spannung mehr am Emitter von T 2 steht. Der Spannungsabfall wird am Meßinstrument angezeigt. Durch den leitenden T 2 wird T 3 die Basisspannung entzogen. T 3 sperrt, die Lampe geht aus. Da T 3 sperrt, ist jetzt am Emitter von T 2 keine positive Spannung mehr vorhanden, daß heißt, T 2 kann geöffnet (leitend) bleiben, bis sich der Elko fast vollständig entladen hat. Jetzt fehlt T 2 die Basisspannung, er sperrt, T 3 wird leitend, und der Vorgang wiederholt sich. Die Schaltung wurde bewußt auf die langsame Arbeitsweise ausgelegt, damit die Vorgänge am Meßinstrument gut sichtbar verfolgt werden können.

Dieser Sägezahngenerator stellt im Prinzip einen sehr langsam schwingenden Oszilla-

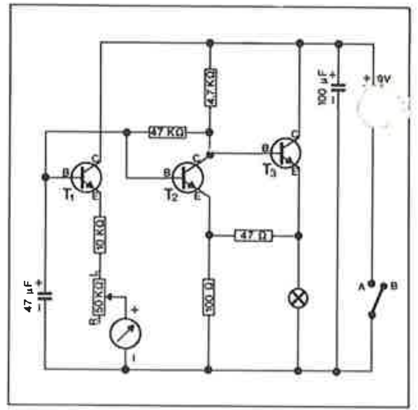


Abb. 32 a

Abb. 32

tor (Sägezahn-Oszillator) dar. Oszillator-Schaltungen werden uns später noch öfters begegnen.

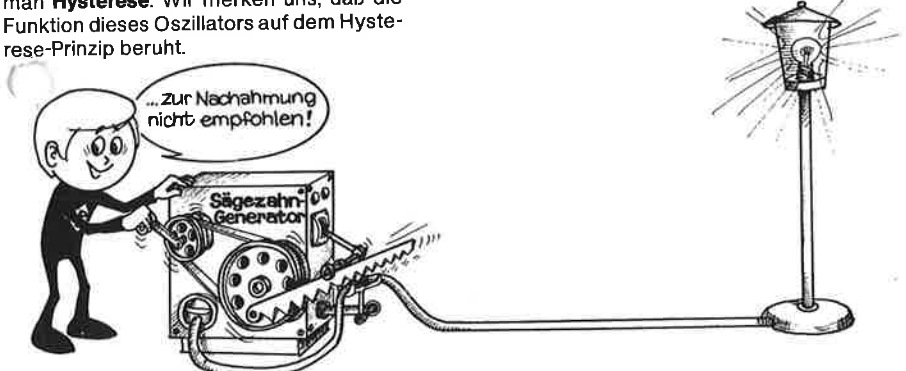
Zur besonderen Beachtung! Beim vorangegangenen Versuch fiel uns auf, daß an der Basis von T 2 eine relativ hohe Spannung notwendig war, um T 2 leitend zu machen. T 2 blieb dann immer noch leitend, obwohl die zunächst erforderliche Einschaltspannung wesentlich kleiner wurde. Erst bei einer äußerst geringen Basisspannung sperrte T 2. Für ein erneutes Durchschalten war wieder eine hohe Basisspannung notwendig. Solche Schaltungen, die bei Erreichen eines relativ hohen Wertes einschalten und erst bei Erreichen eines niederen Wertes ausschalten, nennt man **Schmitt-Trigger**. Den Spannungsbereich zwischen diesen beiden Punkten nennt man **Hysterese**. Wir merken uns, daß die Funktion dieses Oszillators auf dem Hysterese-Prinzip beruht.

Langsamer Sägezahngenerator steuert Lampenhelligkeit

Wir erweitern die vorangegangene Schaltung, gemäß Aufbauplan 33. Bei Schiebeschalterstellung A ist jetzt auch die Lampe an die langsam ansteigende und schnell abfallende Spannung angeschlossen, was durch die sich langsam ergebende Helligkeit sichtbar wird. Das Meßinstrument zeigt den Spannungsverlauf an. Gegenüber früheren Kippschaltungen, bei welchen die Spannung abrupt ein- oder ausgeschaltet wurde, sorgt unsere Oszillator-Schaltung für eine langsam verlaufende Spannungskurve.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Die Schaltung ist nur eine geringfügige Weiterentwicklung der vorangegangenen Schaltung: Am Emitter von T 1 ist ein weiterer Transistor hinzugefügt worden, um die Lampe jetzt am Emitter von T 2 anschliessen zu können. (siehe Schaltplan 33 a).



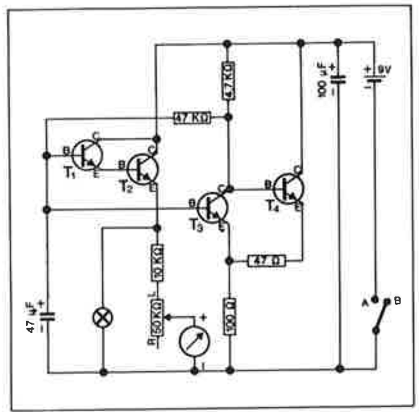


Abb. 33 a

Abb. 33

Kombinierter, langsamer Dreieck-, Rechteck-Generator

Nachdem wir bei den vorangegangenen Versuchen die sogenannte Sägezahnspannung kennengelernt haben, ergibt sich, gemäß Aufbauplan 34, ein langsam arbeitender Dreieck- und Rechteck-Generator. Die Sägezahnspannung war langsam ansteigend und plötzlich abfallend. Bei der Dreieckspannung steigt die Spannung langsam an und fällt genauso langsam wieder zurück (siehe Abbildung 35). Steigt die Spannung plötzlich an und fällt dann genauso schnell wieder zurück, ergibt sich eine Rechteck-Spannung, gemäß Abbildung 36. Diese Rechteckspannung entspricht den früheren Blinklichtschaltungen, die wir durch verschiedene Kippstufen und Multivibratoren erzeugt haben.

Wenn wir unser Gerät, gemäß Aufbauplan 34, mit Schiebeschalterstellung A in Betrieb nehmen, dann sehen wir sowohl am Meßinstrument, als auch am langsamen Aufleuchten und langsam wieder verlöschenden Glühbirnchen die beschriebene Dreieckspannung. Am Potentiometer kann der Instrumentenausschlag geregelt werden. Die ebenfalls in der Schaltung enthaltene LED arbeitet mit einer Rechteckspannung. Da die Rechteckspannung eine reine Ein-/Ausschaltung darstellt, blinkt die LED.

Für den zeitlichen Ablauf der Dreieck-Spannungsänderung ist der 47 µF Elko verantwortlich. Ersetzen wir den 47 µF Elko durch den 4,7 µF Elko, welcher eine wesentlich geringere Kapazität hat, so wird der gesamte Zeitablauf in unserer Schaltung wesentlich beschleunigt, weil der kleinere Elko eine kürzere Be- und Entladezeit benötigt.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Vergleichen wir den Schaltplan 34a mit der Abbildung 33a, dann erkennen wir die Änderungen: am Emitter des Transistors T 4 ist jetzt zusätzlich die LED über einen 470 Ω Vorwiderstand angeschlossen. Außerdem fehlt die bisherige Verbindungsleitung vom 47 µF Elko zur Basis von T 3. Hierdurch kann sich der Elko nicht wie zuvor sehr schnell über die Basis von T 3 entladen, sondern muß sich über den gleichen 47 kΩ Widerstand entladen, über den er auch geladen wird. Es leuchtet ein, daß sich daher am Meßinstrument ein sichtbarer langsamer Spannungsanstieg und -abfall ergeben muß. Die Schaltung arbeitet im übrigen in gleicher Weise, wie beim vorangegangenen Versuch, das heißt, T 1, T 2 und T 3 öffnen und schließen langsam, während T 4 die Spannungsimpulse für die blinkende LED liefert.

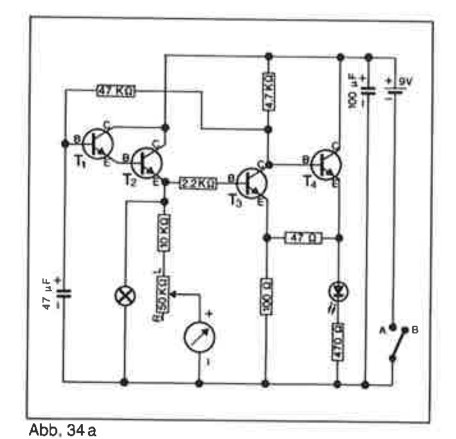


Abb. 34 a

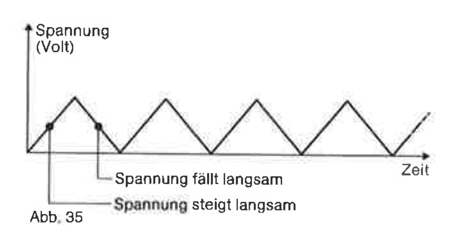


Abb. 35

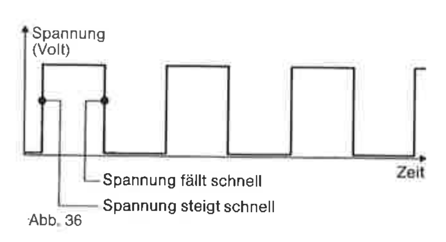
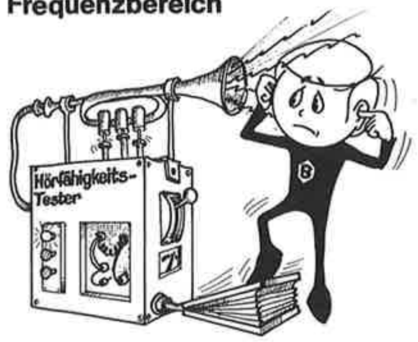


Abb. 36

Abb. 34

Hörfähigkeitstester durch NF Oszillator mit großem Frequenzbereich



Während die vorangegangenen Oszillatoren sehr langsam arbeiteten, bringt unser NF-Oszillator, gemäß Aufbauplan 37, sehr schnell schwingende Spannungsimpulse, welche über den Lautsprecher hörbar gemacht werden.

Was bedeutet NF?

NF steht für Niederfrequenz und unter Niederfrequenz-Schwingungen verstehen wir Töne im Hörbereich, also zwischen ca. 16 bis max. 16.000 Hertz. Hertz (Hz) bedeutet Schwingungen pro Sekunde. Ein 16 Hertz-Ton ist also ein sehr tiefer Ton. Ein 16.000 Hertz-Ton (16 kHz) liegt im obersten Bereich der menschlichen Hörfähigkeit. Derartig hohe Töne können meistens nur von jungen Menschen gehört werden, weil die Hörfähigkeit mit zunehmendendem Alter geringer wird.

Unser Testgerät kann am Potentiometer auf Frequenzen zwischen ca. 140 Hz bis 14.000 Hz eingestellt werden. Bei hoher Frequenzeinstellung können wir sehr gut die Hörfähigkeit testen, wobei wir feststellen werden, daß einzelne Testpersonen die höchsten Töne noch wahrnehmen können, während bei älteren Testpersonen die Töne bei einer gewissen Frequenz „abreißen", also nicht mehr gehört werden. Mit unserem Gerät können wir außerdem die unterschiedliche Klangfarbe einer Dreieckschwingung mit der einer Rechteckschwingung vergleichen. Hierzu müssen wir lediglich die vom 10 Ω zum 47 Ω Widerstand führende Verbindungsleitung ändern, indem wir 10 Ω mit dem 2,2 kΩ Widerstand verbinden. Beide Möglichkeiten sind im Aufbauplan 37 durch punktierte Linien markiert. **Achtung!** Entweder die Dreieckspannung oder die Rechteckspannung anklemmen.
Wir werden feststellen, daß die Rechteckschwingungen lauter, heller und etwas „blechern" klingen. Die Dreieckschwingungen hören sich etwas leiser, dafür aber weicher und angenehmer an.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Unsere Schaltung, gemäß Abbildung 37a, ist der vorangegangenen Schaltung, (siehe Abbildung 34a) sehr ähnlich. Wir haben lediglich am Emitter von T 2 das Potentiometer und das Meßinstrument durch die in Reihe geschaltete Lampe mit Lautsprecher ersetzt. Außerdem wurde der 47 µF Elko gegen einen 47 nF Kondensator vertauscht. Durch die geringere Kapazität des 47 nF Kondensators erzielen wir eine wesentlich höhere Frequenz, die am Potentiometer (welches mit dem 47 kΩ Widerstand getauscht wurde) in einem sehr weiten Bereich variiert werden kann. Wir beachten, daß im Schaltplan 94 a die in Reihe geschalteten Lautsprecher mit Lampe und 10 Ω Widerstand doppelt enthalten sind (einmal am Emitter T 2 und erneut am Emitter T 4). Wir nehmen entweder die eine oder die andere Möglichkeit wahr.

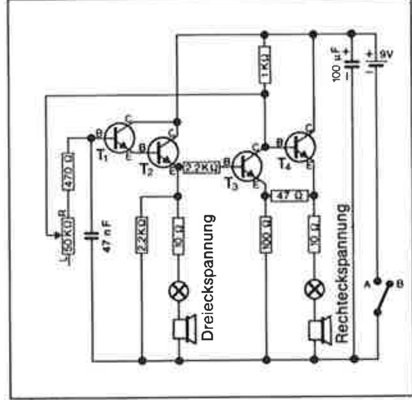


Abb. 37a

Abb. 37

NF-Oszillator mit Sägezahnschwingungen

Den langsam arbeitenden Sägezahn-Oszillator (Aufbauplan 32), wollen wir jetzt so abändern, daß sich im Lautsprecher hörbare Tonfrequenzen ergeben. Hierzu bauen wir die Schaltung gemäß Aufbauplan 38. Am Potentiometer können wir die Frequenz in einem weiten Bereich einstellen. Wir haben, wie beim vorangegangenen Versuch, die Möglichkeit, die Klangfarbe einer Sägezahnschwingung mit einer Rechteckschwingung zu vergleichen. Hierzu werden (wie beim letzten Versuch beschrieben) lediglich die Leitungsverbindungen von 10 Ω nach 47 Ω und von 10 Ω nach 2,2 kΩ geändert.

Im Schaltplan 38a sind die in Reihe geschalteten Lautsprecher mit Lampe wieder doppelt enthalten. Wir nehmen entweder die eine oder die andere Möglichkeit wahr.

"Singende Säge"

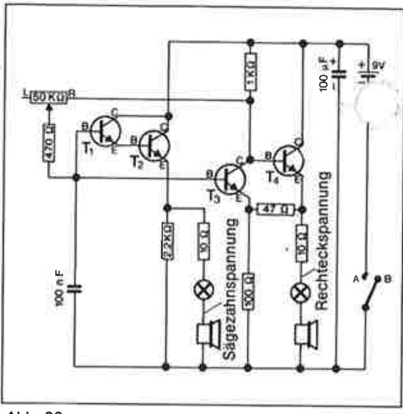
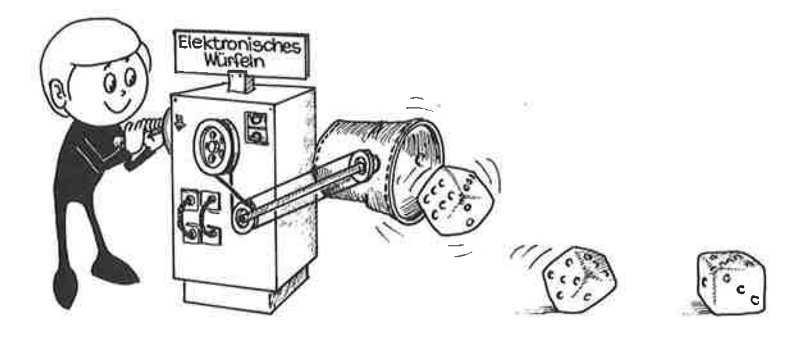


Abb. 38a

Abb. 38

Elektronischer Würfel



Mit der Schaltung, gemäß Aufbauplan 39, verwenden wir einen Sägezahngenerator als elektronischen Würfel. Gerät am Schiebe-schalter einschalten. Meßinstrument mit c land abdecken. Kurze Zeit Taste drükken, dann am Meßinstrument die „gewürfelte" Zahl ablesen. Das Instrument bleibt auf einem zufälligen Wert stehen. Am Potentiometer kann der maximale Zeigerausschlag eingestellt werden.

Bei der Ausrüstung des Electronic-Studios werden Meßinstrumente mit fünfstelliger und teilweise auch mit zehnstelliger Skala verwendet. Bei fünfstelliger Skala kann die Ziffer 0 der Würfelzahl 6 entsprechen (am Poti einstellen).

Wie funktioniert diese Schaltung?

Vergleichen wir unseren Schaltplan 39a mit dem langsam arbeitenden Sägezahngenerator (Schaltplan 32a), so können wir feststellen, daß unser elektronischer Würfel nach dem uns bereits bekannten Hysterese-Oszillator-Prinzip arbeitet. Der Hauptunterschied liegt darin, daß unser Würfel-Generator nur schwingt, solange die Taste gedrückt ist. Außerdem schwingt der Würfel-Generator schneller, weil wir statt des 47 µF Elkos den kleineren 10 µF Elko verwenden, dessen Aufladung durch den auf 10 kΩ verringerten Widerstand zusätzlich beschleunigt wird.

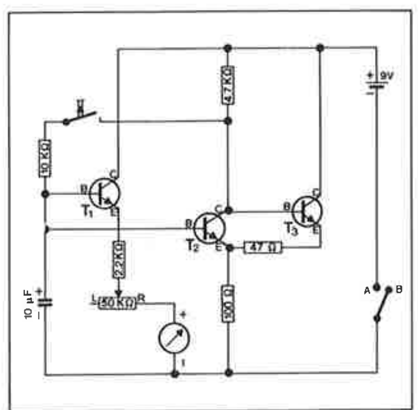


Abb. 39a

Abb. 39

Grundsatzversuch: Dynamisches Flip-Flop

Wir wissen, daß ein dynamisches Flip-Flop eine Ein-Aus-Kippstufe darstellt. Eine derartige Schaltung wird immer durch 2 Impulse (z. B. Tastendruck, Sensortaste) gesteuert. Der erste Tastendruck bewirkt einen Einschaltvorgang (man sagt, das Flip-Flop wird „gesetzt"). Der zweite Tastendruck bewirkt einen Ausschaltvorgang (das Flip-Flop wird „zurückgesetzt").

Bei unserer Schaltung, gemäß Aufbauplan 40, brennt beim ersten Tastendruck die LED, während sie beim zweiten Tastendruck wieder verlöscht. Dieser wechselnde Zustand ergibt sich durch die Speicherwirkung der beiden Elkos 10 µF und 4,7 µF.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wir betrachten den Schaltplan 40a und nehmen an, die LED leuchtet. Jetzt drükken wir die Taste. In diesem Augenblick gelangt vom Minuspol der Batterie über die beiden 100 nF Kondensatoren ein negativer Spannungsimpuls an die Basis von T 1 und T 2. Dieser negative Spannungsimpuls bewirkt, daß der jeweils leitende Transistor kurzzeitig gesperrt wird, während der gesperrte Transistor zunächst gesperrt bleibt. In unserem Beispiel: T 2 war leitend, weil die LED leuchtet. Der negative Spannungsimpuls sperrt T 2. Jetzt lädt sich der 4,7 µF Elko über die LED und den 470 Ω Widerstand auf. Dadurch erhält die Basis von T 1 eine positive Spannung, T 1 schaltet durch. Jetzt kann sich der 10 µF Elko, der über den 1 kΩ Widerstand aufgeladen wurde, über die Collector-Emitter-Strecke des Transistors T 1 entladen. Dabei entzieht er T 2 die Basisspannung. T 2 sperrt endgültig. Bei einem erneuten Impuls (Tastendruck) wäre die Funktion genau umgekehrt.

Unsere Schaltung hat den Vorteil, daß der am Minuspol liegende Taster sehr leicht durch einen Transistor ersetzt werden kann, wie dies bei der folgenden Schaltung demonstriert wird.

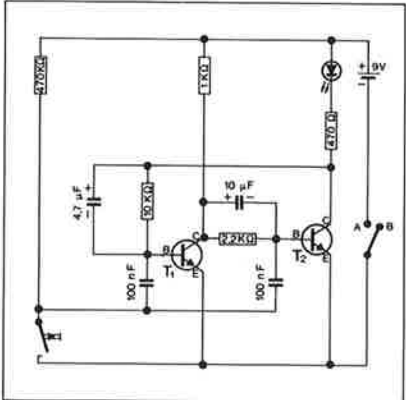


Abb. 40a

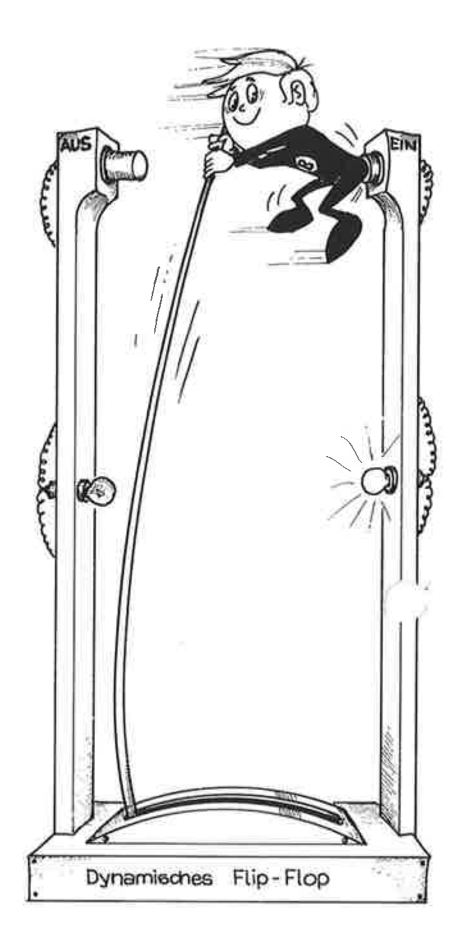


Abb. 40

Dynamisches Flip-Flop als Frequenzteiler

Ein Frequenzteiler hat die Aufgabe, die Frequenz der von einem Impulsgeber kommenden Impulse zu teilen (halbieren). Es soll zum Beispiel eine Blinkschaltung pro Minute 40mal blinken. Bei jedem zweiten Aufblinken soll ein Impuls ausgelöst werden. Somit sind die 40 Impulse der Blinkschaltung zu teilen. Für eine derartige Frequenzteilung werden dynamische Flip-Flops verwendet.

Dies soll im folgenden Versuch, gemäß Aufbauplan 41, demonstriert werden. Bei Schiebeschalterstellung A blinkt die LED. Bei jedem zweiten Blinken leuchtet einmal unser Lämpchen auf.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Gemäß Abbildung 41a besteht die Schaltung im linken Teil aus einer Blinklichtschaltung und im rechten Teil aus einem dynamischen Flip-Flop. Das Flip-Flop wird jedoch nicht, wie beim vorangegangenen Versuch, durch den Taster angesteuert, sondern durch den Transistor T 2 der Blinkschaltung. Jeweils wenn T 2 leitend ist, erhalten die beiden 100 nF Kondensatoren einen negativen Impuls, wodurch beim Flip-Flop die Transistoren T 3 und T 4 abwechselnd durchgeschaltet werden. Es ist logisch, daß das Lämpchen mit halber Frequenz gegenüber der LED blinkt.

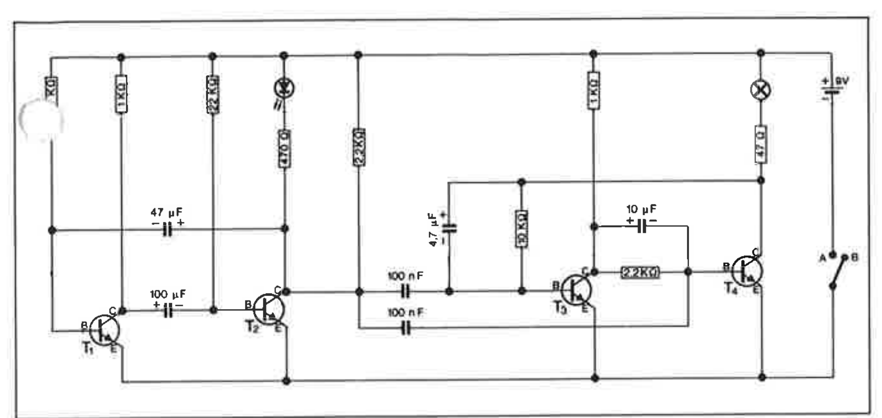


Abb. 41a

Einführung in die Computertechnik:

Wir sind es gewohnt mit den Zahlen 0 bis 9 zu rechnen. Unser Rechensystem, welches auf diesen zehn Ziffern beruht, wird Dezimalsystem genannt. In der Computertechnik ist es einfacher, mit einem anderen Zahlensystem zu arbeiten: Mit dem sogenannten Dual- bzw. Binärsystem.

Gegenüber dem Dezimalsystem besteht das Dual-System nur aus den Ziffern Null und Eins. Diese beiden Ziffern werden durch zwei Schaltzustände dargestellt: „Ein" und „Aus". Zum Beispiel bedeutet: Lampe brennt = Ziffer 1, Lampe brennt nicht = Ziffer 0.

Vom kleinsten Taschenrechner bis zur größten Datenverarbeitungsanlage wird mit diesen beiden Schaltzuständen gearbeitet. Lediglich die ausgerechneten Ergebnisse werden zum einfacheren Ablesen wieder in unser gebräuchliches Dezimalsystem zurückverwandelt. So können wir zum Beispiel beim elektronischen Taschenrechner das Ergebnis durch die Leuchtziffern-Anzeige ablesen. Die Technik, die sich ausschließlich mit der Verarbeitung dieser beiden Schaltzustände befaßt, nennt man Digital-Technik, bzw. Digital-Elektronik.

Abb. 41

Der digitale Zähler

Mit dem Versuch, gemäß Aufbauplan 42, wollen wir einen einfachen digitalen Zähler demonstrieren. Bei Schiebeschalterstellung A ist unser Gerät betriebsbereit. Wir betätigen jetzt so oft die Taste, bis sowohl das Lämpchen, als auch die LED nicht leuchten. Die Taste muß langsam, das heißt, nicht öfter als einmal pro Sekunde bedient werden, weil zwischen den einzelnen Schaltvorgängen eine kurze Wartezeit für die Umladung der Elkos erforderlich ist.
Beim ersten jetzt folgenden Tastendruck leuchtet die LED und die Lampe. Beim zweiten Tastendruck leuchtet nur die Lampe. Beim dritten Tastendruck leuchtet nur die LED. Beim vierten Tastendruck leuchtet weder Lampe noch LED. Somit haben wir für jede Leuchtanzeige zwei verschiedene Schaltzustände: „Ein" oder „Aus". Durch die Kombination der beiden Leuchtanzeigen ergeben sich bereits vier Schaltkombinationen. Da jeder Schaltkombination eine Zahl zugeordnet werden kann, ergibt sich folgende Tabelle:

Lampe	LED	=	Dezimalziffer
leuchtet	leuchtet	=	3
leuchtet	aus	=	2
aus	leuchtet	=	1
aus	aus	=	0

Wir sehen, daß wir mit den vier Schaltzuständen auch vier Dezimalziffern darstellen können. Die vier Schaltzustände erreichen wir durch zwei hintereinander geschaltete Flip-Flops (siehe Schaltplan 99a). Hätten wir drei Flip-Flops könnten wir bereits acht Schaltzustände darstellen, die sich mit jedem weiteren Flip-Flop verdoppeln würden. In der Computertechnik (und auch im kleinen Taschenrechner) sind tausende Flip-Flops enthalten, die jedoch nicht, wie in unserem Demonstrationsgerät, aus einzelnen Transistoren, Widerständen, Elkos usw. bestehen, sondern die in integrierten Schaltkreisen, sogenannten IC-Bausteinen auf kleinstem Raum zusammengefaßt sind. Ein IC-Baustein kann unter Umständen die Funktion von vielen tausend Transistoren und den dazugehörigen elektronischen Bauelementen übernehmen.

Im Zusatzkasten „Digital-Technik" zum BUSCH-Elektronic-Studio werden wir das hochinteressante Gebiet der Digital-Elektronik mit Hilfe von IC's und Leuchtanzeigen präsentieren. Durch die integrierten Schaltkreise wird die Elektronik soweit vereinfacht, daß auch komplizierteste Vorgänge übersichtlich und leicht verständlich dargestellt werden können.

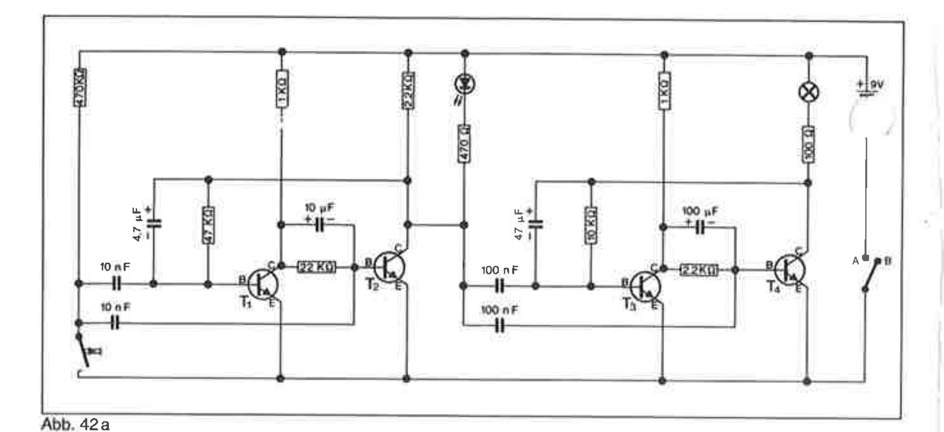


Abb. 42 a

Abb. 42

"Schrecksekunden-Messung

Reaktionszeit Meßgerät (Schrecksekunden-Messung)

Mit dem Gerät, gemäß Aufbauplan 43, ergibt sich ein elektronischer Kurzzeit-Messer, mit welchem die Reaktionszeit einer Testperson festgestellt werden kann. Ähnliche Geräte werden zum Beispiel auch in Fahrschulen eingesetzt, um die „Schrecksekunde" des Fahrschülers bei einer simulierten und plötzlich auftretenden Gefahrensituation zu messen.

Das Gerät ist in Schiebeschalterstellung A betriebsbereit. Es vergehen einige Sekunden, dann leuchtet die Glühbirne auf. Ab diesem Moment muß so schnell wie möglich die Taste gedrückt werden, weil mit dem Aufleuchten der Lampe die Meßzeit beginnt. Der Ausschlag am Meßinstrument ist um so größer, je mehr Reaktionszeit benötigt wurde. Zum Ablesen der Zeit muß die Taste gedrückt bleiben, weil nach dem Loslassen das Instrument weiterläuft. Am Potentiometer kann eingestellt werden, wie viel Zeit das Instrument bis zum Vollausschlag benötigt. Bei entsprechend langer Zeiteinstellung kann die Testperson mehrere Aufgaben lösen, die dann jeweils mit Tastendruck enden. Die Rückstellung des Meßinstruments erfolgt durch Schiebeschalterstellung B.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 43a zeigt links die Einschaltverzögerung und rechts die Zeit-Meßschaltung. Die Einschaltverzögerung haben wir im Teil 1 (Abbildung 32 als Verzögerungsschaltung) bereits kennengelernt. Beim Einschalten ist T 1 leitend, während T 2 sperrt. Sobald der 100 µF Elko aufgeladen ist, sperrt T 1 und T 2 wird leitend, die Lampe brennt. Ab diesem Moment gelangt eine Plusspannung über den 470 Ω- und 22 kΩ-Widerstand sowie über die Diode an die Plusseite des 47 µF Elkos. Wird jetzt die Taste gedrückt, bleibt die aufgeladene Spannung am Elko erhalten, weil die Diode verhindert, daß sich der 47 µF Elko entladen kann. Somit wird die in ihm gespeicherte Spannung über T 3 und T 4 dem Meßinstrument zugeführt.

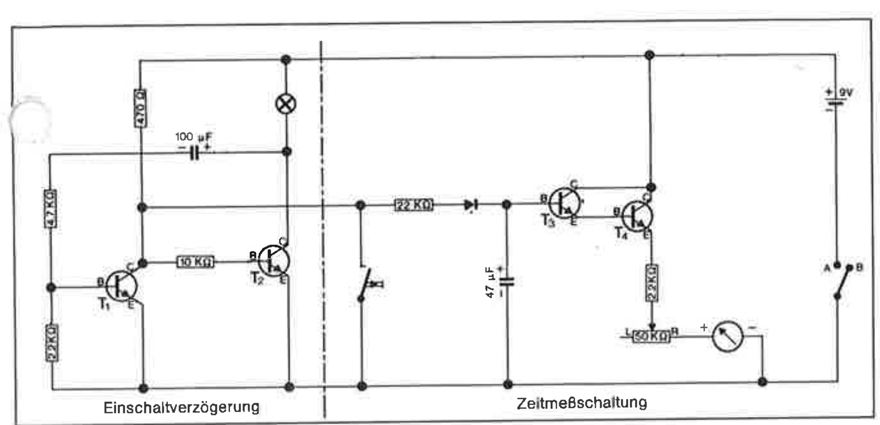
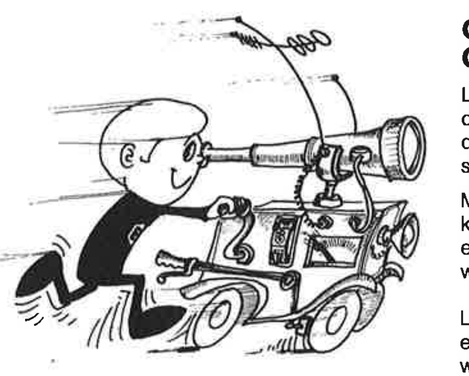


Abb. 43a

Abb. 43



Opto-elektronische Geschwindigkeitsmessung

LED-Leuchtdioden, LDR-Photowiderstände und andere lichtabhängige Bauteile werden in der Fachsprache als opto-elektronische Bauelemente bezeichnet.

Mit dem Gerät, gemäß Aufbauplan 44, können wir eine Kurzzeitmessung über eine Lichtschranke vornehmen. Der LDR wird durch das Pappröhrchen vor Seitenlicht geschützt. Mit einer Lichtquelle (Taschenlampe) bauen wir uns eine Lichtschranke. Das Potentiometer wird so eingestellt, daß bei einer Schattenbildung am LDR die Lampe aufleuchtet. Bei nicht abgedunkeltem LDR darf die Lampe nicht brennen.

Mit dieser Anordnung kann man die Geschwindigkeit eines, die Lichtschranke passierenden Körpers messen. Je langsamer der zu messende Gegenstand die Lichtschranke passiert, um so länger ist der LDR abgedunkelt. Es ergibt sich ein starker Zeigerausschlag. Schnell passierende Gegenstände verursachen einen geringeren Zeigerausschlag. Bringen wir unsere Lichtschranke an einer Modellautobahn-Strecke an, (LDR durch Kabelverlängerung aus dem Electronic-Studio herausnehmen), so können wir ermitteln, welches Auto auf dem überwachten Streckenabschnitt (z. Bsp. S-Kurve) die höchste Geschwindigkeit erreicht. Voraussetzung ist, daß alle Autos gleich lang sind, weil ja die Größe des Meßgegenstands ebenfalls die Abdunkelungszeit des LDR beeinflußt. Die Rückstellung des Meßinstruments ergibt sich bei Schiebeschalterstellung B.

Eine besondere Funktionsbeschreibung ist nicht notwendig, weil sich unser G… aus dem bereits bekannten, lichtempfindlichen Schalter und einer Zeitmeßschaltung zusammensetzt.

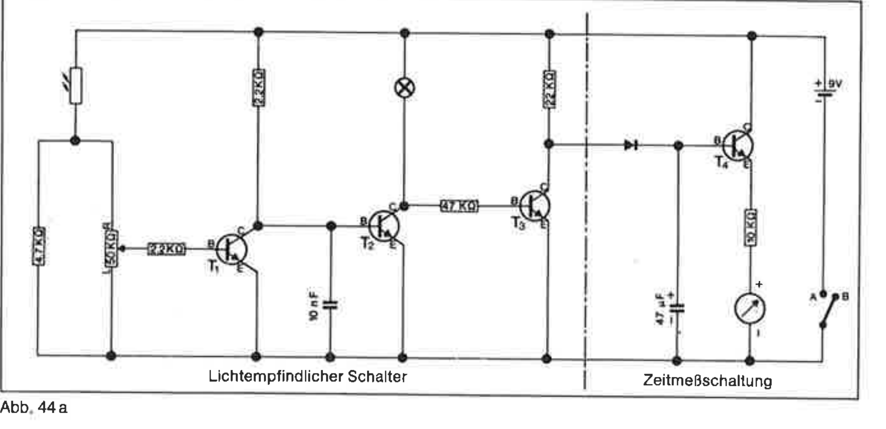


Abb. 44 a

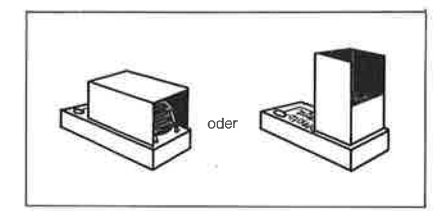


Abb. 44

Elektroskop zum Nachweis elektrostatischer Aufladungen

Elektrostatische Aufladungen (gelegentlich auch Reibungselektrizität genannt) haben wir des öfteren schon festgestellt, z. B. beim Kämmen trockener Haare, oder wenn ein an Stoff geriebenes Kunststoffteil kleine Papierschnitzel anzieht. Elektrostatische Aufladungen entstehen an nicht leitenden Materialien, wie z. B. an Glas, Porzellan, Kunststoffe, Hartgummi, Zelluloid durch Reibung mit Wollfasern. Die Oberfläche dieser Materialien wird elektrisch aufgeladen. Es entsteht eine positive oder negative Spannung, die sofort zusammenbricht, sobald die Spannung abgeleitet wird. Für eine Spannungsableitung reicht bereits feuchte Luft. Wir können also eine elektrostatische Aufladung nur mit absolut trockenen Gegenständen und bei möglichst trokkener Luft erzeugen.

Spielereien mit Reibungselektrizität können recht reizvoll sein. In verschiedenen Industriezweigen sind jedoch elektrostatische Aufladungen gefürchtet.In einzelnen Fällen wurden durch elektrostatische Aufladungen verheerende Explosionen ausgelöst (Pulver- und Feuerwerksfabriken, Chemische Betriebe usw.). Deshalb wird bei derartigen Fabriken für sofortige Ableitung eventueller Aufladungsspannungen gesorgt. Damit jedoch unbekannte (weil ja nicht sichtbare) Aufladungs-Spannungsfelder rechtzeitig bemerkt werden, setzt man sogenannte Elektroskope ein.

Ein derartiges Elektroskop ergibt unsere Schaltung gemäß Aufbauplan 45. Nach dem Einschalten am Schiebeschalter (Stellung A) ist das Gerät meldebereit. Den Zeiger des Instruments stellen wir durch Drehung am Potentiometer in eine Mittelstellung. Sobald wir einen statisch aufgeladenen Gegenstand in die Nähe der Basis des Transistors T 1 halten, können wir einen Ausschlag am Meßinstrument feststellen. Wir dürfen jedoch die Basis-Kontaktstelle des Transistors nicht berühren, weil wir sonst die Spannung ableiten. Bei negativ geladenen Gegenständen schlägt das Meßinstrument nach links, bei positiver Aufladung nach rechts aus. Je weiter die aufgeladenen Gegenstände dem Transistor T 1 genähert werden, um so größer ist der Zeigerausschlag. Eine negative Aufladung ergibt sich, wenn wir ein Kunststoffteil (Lineal, Füllhalter) mit einem trockenen Tuch reiben.
Eine positive Aufladung wird durch ein auf dem Tisch liegendes trockenes Wolltuch erreicht, indem ein Wasserglas auf dem Tuch gerieben (hin- und hergedreht) wird. Das Tuch darf dabei mit der Hand nicht berührt werden, weil sich sonst eine Ableitung ergibt.

Wichtige Anmerkung! Für die Elektroskop-Schaltung ist in jedem Fall Batterie-Betrieb erforderlich. Mit einem Netzgerät kann das Experiment nicht ausgeführt werden.

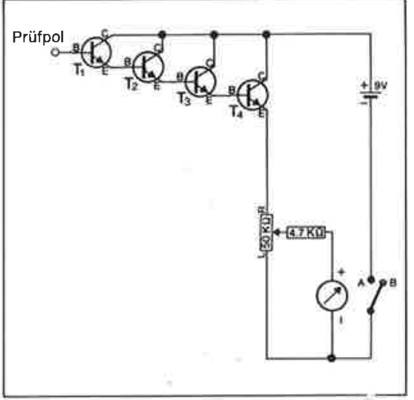


Abb. 45a

Wie funktioniert diese Schaltung?

Alle vier Transistoren (siehe Schaltplan 45 a) sind gleichgeschaltet, das heißt der Emitter ist jeweils mit der Basis des nächsten Transistors verbunden. Diese mehrstufige Transistor-Schaltung nennt man „Darlington Stufe". Es wird hierdurch die höchstmögliche Stromverstärkung erreicht, weil jeweils der Emitter-Strom als alleiniger Basis-Strom für die folgende Stufe wirkt. Bei Annäherung einer positiven Aufladung an die Basis von T 1 wird die Schaltung leicht leitend. Das Meßinstrument bringt einen positiven Zeigerausschlag nach rechts. Bei einer negativen Annäherung verstärkt sich die Sperrwirkung der Schaltung. Das Meßinstrument bringt einen negativen Zeigerausschlag nach links.

Abb. 45

"Automatische Leitungsüberwachung"

Alarmanlage mit automatischer Leitungsüberwachung

Im Teil 1 dieses Buches hatten wir bereits einige einfache Alarmanlagen aufgebaut. Mit den folgenden Schaltungen wollen wir die Funktion von perfekten Alarm- und Überwachungsanlagen kennenlernen.

Einbrecher mit technischem Verständnis könnten im Prinzip eine elektronische Alarmanlage unwirksam machen, indem sie die Sicherungsschleife vor einer Alarmauslösung überbrücken (kurzschließen). Eine solche Überbrückung könnte durch eine zweite Sicherungsschleife vorgenommen werden, welche der Einbrecher selbst anbringt. Wird jetzt die eigentliche Sicherungsschleife unterbrochen, ergibt sich logischerweise keine Alarmauslösung. Solche unbefugten Eingriffe werden vermieden, indem der Widerstandswert der Sicherungsschleife überwacht wird. Geht man davon aus, daß die gesa Schaltung versteckt oder unter Versc installiert wurde, kann an der zentralen Schaltstelle nichts manipuliert werden. Es führt also lediglich eine Leitungsschleife (Sicherungsschleife) zu den Tür- oder Fenster Kontaktstellen. Da diese Leitung jetzt ebenfalls elektronisch überwacht ist, ist die Anlage auch bei einer Überbrückung voll funktionsfähig.
Wir bauen das Gerät gemäß Aufbauplan 46 . Die Alarmschleife (Sicherungsschleife) führt über eine Tür-Kontaktsicherung (siehe Abbildung 46b) zurück zu unserem

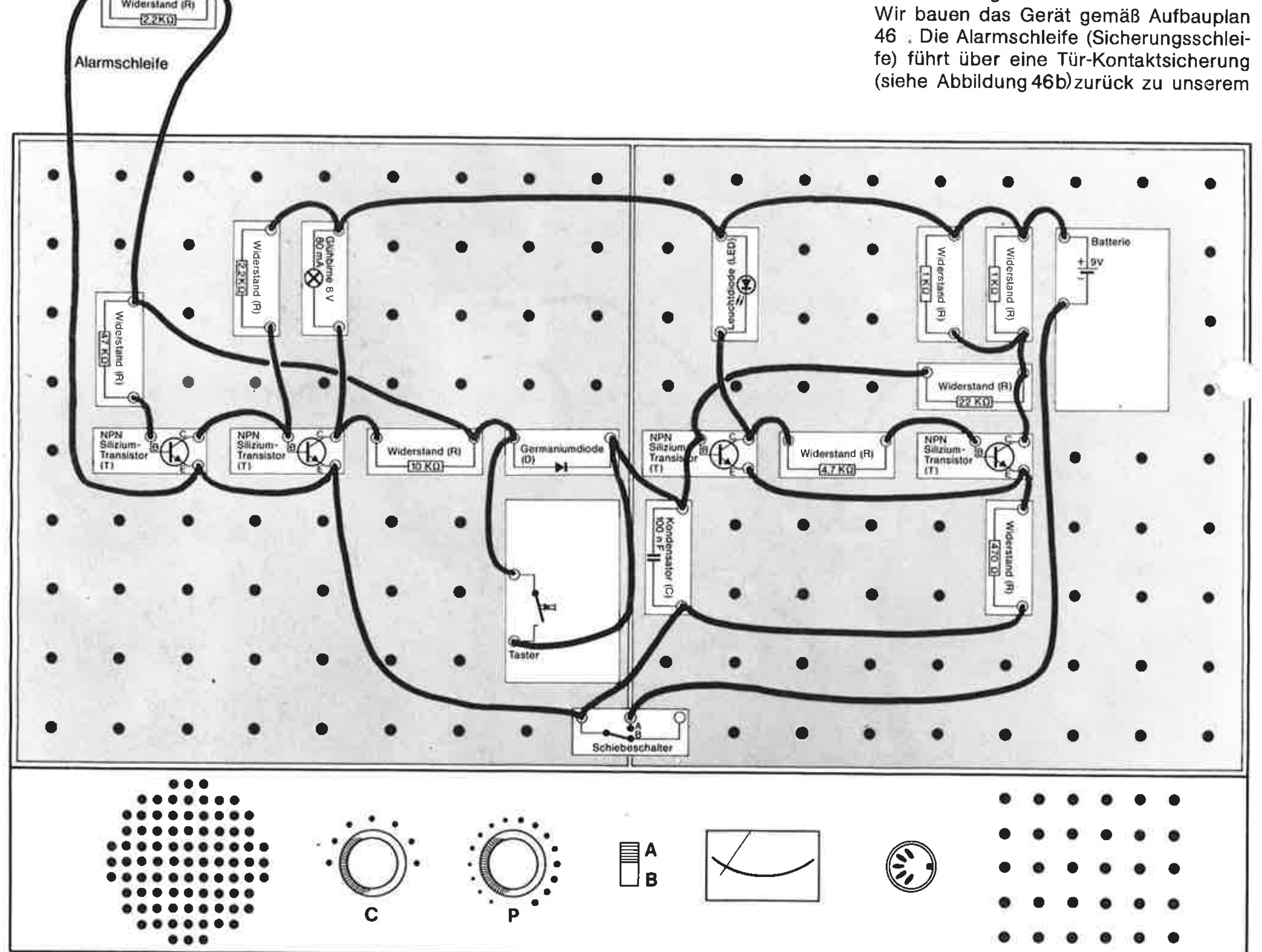


Abb. 46

Elektronik-Studio. In der Nähe des Türkontakts führt unsere Alarmschleife über den versteckt angebrachten 2,2 kΩ Widerstand. Nach dem Einschalten (Schiebeschalterstellung A) wird durch Unterbrechung des Türkontakts ein Alarm ausgelöst. Die rote LED leuchtet auf. Da die LED auf „Selbsthaltung" geschaltet ist, leuchtet sie auch dann noch, wenn die Tür wieder geschlossen wurde (also die Alarmschleife wieder in Ordnung ist). Die LED kann nur durch Tastendruck (in der Alarmzentrale) gelöscht werden. Würde jemand die Alarmschleife überbrücken, wird auch der versteckt angebrachte 2,2 kΩ Widerstand überbrückt werden. Sofort leuchtet das ebenfalls auf „Selbsthaltung" geschaltete Lämpchen auf, welches ebenfalls nur durch Tastendruck gelöscht werden kann. Durch die Unterscheidung Lampe oder LED kann bei der Zentrale sofort erkannt werden, ob ein effektiver Alarm ausgelöst oder ob an der Anlage manipuliert wurde.

Ist die Anlage z. B. zur Einbruchssicherung einer Lagerhalle, könnte ein Angestellter auf den Gedanken kommen, während der Geschäftszeit (solange die Anlage normalerweise nicht „scharf" geschaltet ist) einen nächtlichen Einbruch durch Überbrücken eines Fensterkontaktes vorzubereiten. Wenn am Abend der verantwortliche Lagerleiter die Anlage einschaltet, würde er sofort erkennen, daß die Anlage (durch die aufleuchtende Lampe) nicht in Ordnung ist.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Ist die Anlage, gemäß Schaltplan 46a, in Ordnung, fließt vom Batterie-Minuspol über die Alarmschleife und den 2,2 kΩ Widerstand ein sogenannter Ruhestrom über den 10 kΩ Widerstand und die Lampe zum Pluspol der Batterie. Parallel zur Alarmschleife ergibt sich eine Reihenschaltung über den 47 kΩ Widerstand, sowie Basis-Emitter-Strecke von T 1 zum Batterie-Minuspol. Der „Ruhestrom" schaltet daher T 1 durch und sperrt T 2. Wird die Alarmschleife überbrückt, wird auch der in der Alarmschleife befindliche 2,2 kΩ Widerstand überbrückt. Somit fehlt dem Transistor T 1 die positive Basisspannung (weil sie durch die Überbrückung „negativ" wird). T 1 sperrt und schaltet T 2 durch. Damit schließt sich der Lampen-Stromkreis, die Lampe brennt. Da T 2 den gesamten linken Schaltungsteil überbrückt, erhält T 1 auch dann keine Ansteuerung, wenn die Alarmschleifen-Überbrückung wieder rückgängig gemacht wurde. Die brennende Lampe zeigt an, daß in jedem Fall (und sei es auch nur kurzfristig) an der Anlage manipuliert wurde.

Betrachten wir uns jetzt die eigentliche Alarmüberwachung mit den Transistoren T 3 und T 4. Bei betriebsbereiter Anlage (ohne Alarmauslösung) leuchtet die LED nicht. T 3 ist gesperrt und T 4 ist leitend. Zwischen dem Pluspol der Batterie und dem Collector von T 4 liegen zwei Widerstände mit jeweils 1 kΩ parallel. Diese parallel geschalteten Widerstände ergeben zusammen 500 Ω. Da T 4 durchgeschaltet ist, liegen diese 500 Ω am Collector von T 4 in Reihe mit 470 Ω am Emitter von T 4 und ergeben einen geschlossenen Stromkreis zur Batterie. Die 500 Ω und 470 Ω wirken als Spannungsteiler, wodurch sich am Emitter von T 3 und T 4 eine positive Spannung von ca. 4,5 V (zum Minuspol der Batterie gemessen) ergibt. Damit T 3 durchschalten kann, muß also die Basisspannung von T 3 größer als 4,5 V sein. Dies ist nur dann möglich, wenn die Alarmschleife unterbrochen wird, und somit die volle Batteriespannung einen Strom über den 10 kΩ Widerstand und über die Diode an die Basis von T 3 bringt. Damit schaltet T 3 durch, die LED leuchtet und T 4 wird gesperrt. Weil T 4 sperrt, gelangt weiterhin eine positive Basisspannung über die parallel geschalteten beiden 1 kΩ Widerstände und den 22 kΩ Widerstand zum Transistor T 3. Die LED leuchtet auch weiterhin.

Betrachten wir abschließend noch die Rücksetzung (Löschtaste). Angenommen, es wurde an der Anlage manipuliert, die Überbrückung der Alarmschleife wurde jedoch wieder beseitigt, d. h. die Lampe brennt. In diesem Fall ist im 100 nF Kondensator etwa die halbe Betriebsspannung gespeichert. Der Kondensator kann sich aber durch die vorgeschaltete Diode nicht entladen. Durch Tastendruck wird die Diode überbrückt, der 100 nF Kondensator entlädt sich über den 47 kΩ Widerstand zur Basis von T 1. Transistor T 1 schaltet durch, und T 2 wird gesperrt. Ist die Alarmschleife unterbrochen worden, so wurde ein Alarm ausgelöst, auch wenn die Unterbrechung (zum Beispiel durch Schließen der Tür) wieder beseitigt würde. Die leuchtende LED zeigt den ausgelösten Alarm an. Durch Tastendruck wird jetzt dem Transistor T 3 die Ansteuerung entzogen, T 3 sperrt, und T 4 schaltet durch. Somit ist die Anlage jetzt wieder in betriebsbereiter Ruhestellung.

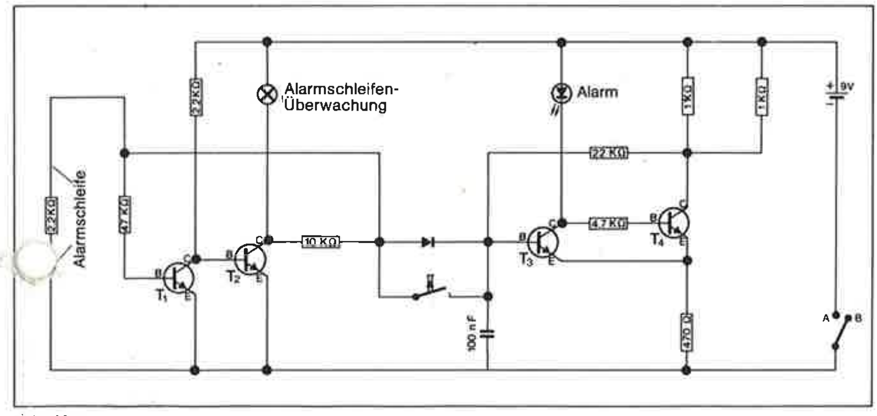


Abb. 46a

Beispiel für eine Türkontakt-Sicherung

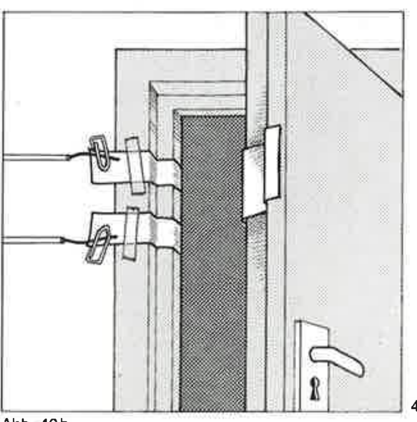


Abb. 46b

Auto-Alarmanlage mit Türensicherung

Das Problem einer Auto-Alarmanlage besteht darin, daß sie nur von innen ein- und ausgeschaltet werden kann, wobei jedoch der Eigentümer des Fahrzeugs selbst keinen Alarm auslösen darf. Sobald das Auto jedoch durch einen Fremden bestiegen wird, soll ein Alarm erzeugt werden. Die Alarmauslösung erfolgt durch eine Reihe von Kontakten, die zum Beispiel an jeder Tür angebracht sein können. Wird einer dieser Kontakte betätigt, dann soll nach einer Verzögerungszeit von einigen Sekunden der eigentliche Alarm ausgelöst werden. Während dieser Verzögerungszeit kann der Eigentümer einen versteckten Schalter bedienen, der die Alarmanlage entschärft. Ein eventuell ausgelöster Alarm muß den gesetzlichen Vorschriften entsprechend nach einiger Zeit selbsttätig abgeschaltet werden. Beim Aussteigen müßte der Eigentümer zuerst seine Tür öffnen, dann die Anlage scharfschalten, dann seine Tür schließen.

Wir simulieren mit der Schaltung (gemäß Aufbauplan 47) eine derartige Auto-Alarmanlage:

1. Tür öffnen = Taste kurz betätigen.
2. Der versteckt angebrachte Schalter zum „Scharfmachen der Anlage" wird eingeschaltet = Schiebeschalter in Stellung A.
3. Fahrer steigt aus. Nach Schließen der Tür ist die Anlage betriebsbereit. Es darf jetzt noch kein Alarm ausgelöst werden.

Alarmauslösung:

1. Bei eingeschalteter Anlage wird jetzt eine Tür geöffnet und damit ein Türkontakt betätigt = Taste drücken, rote LED leuchtet als Vorwarnung und zeigt an, daß in wenigen Sekunden ein Alarm ausgelöst wird. Der Eigentümer kann in dieser Zeit die Anlage entschärfen, weil er den versteckt angebrachten Schalter kennt (Schiebeschalter in Stellung B).
2. Wurde die Anlage nicht entschärft erfolgt nach einigen Sekunden automatisch Alarm: Lampe leuchtet (bei einer richtigen Auto-Alarmanlage wird anstelle der Lampe die Autohupe eingeschaltet).
3. Einige Sekunden Hupalarm genügen, um Passanten auf den geplanten Autodiebstahl aufmerksam zu machen. Die Anlage schaltet sich automatisch ab = Lämpchen geht aus.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Hierzu betrachten wir den Schaltplan 47a. Durch die Betätigung eines der Kontakte (Taster) gelangt ein negativer Impuls an die Basis von T 1. T 1 sperrt und schaltet T 2 durch. Das Durchschalten von T 2 bewirkt über den 10 kΩ Widerstand und 47 µF Elko, daß für eine gewisse Verzögerungszeit T 1 gesperrt und T 2 durchgeschaltet bleibt. Nach dieser Verzögerungszeit sperrt T 2 und schaltet über den 100 nF Kondensator den Transistor T 3 durch. T 3 bringt

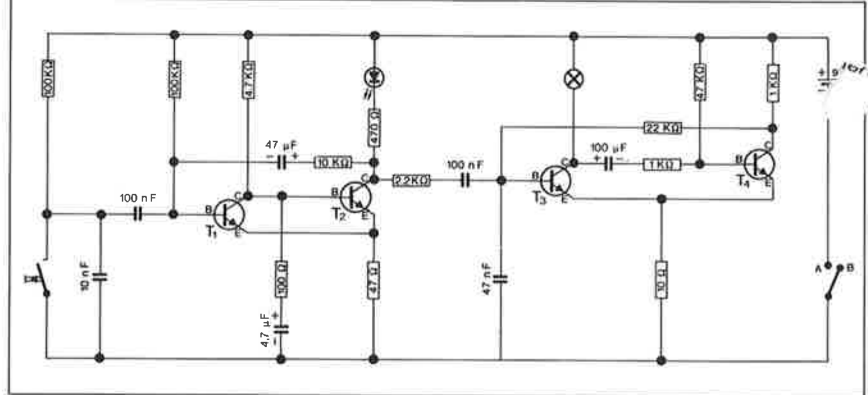


Abb. 47a

Abb. 47

die Lampe zum Leuchten und sorgt außerdem über den 100 µF Elko und 1 kΩ Widerstand, daß T 4 für eine gewisse Alarmdauer gesperrt bleibt. Der gesperrte T 4 hält T 3 so lange durchgeschaltet, bis durch die Umladung des 100 µF Elkos der Transistor T 4 wieder durchschaltet und T 3 sperrt.

Alarmzentrale mit zwei getrennten Alarmschleifen

Bei Alarmanlagen in größeren Objekten wäre es nicht sinnvoll, nur eine einzige Alarmschleife zu installieren. Tritt nämlich ein Alarmfall ein, dann weiß man zunächst nicht, ob der Alarm durch ein Ereignis im Erdgeschoß oder in einem Obergeschoß erzeugt wurde. Deshalb teilt man die Anlage in mehrere Alarmschleifen auf, die durch eine Zentrale mit mehreren Anschlüssen überwacht wird. Die Alarmzentrale zeigt durch Aufleuchten der entsprechenden Anzeigenlampe, welche der Alarmschleifen den Alarm ausgelöst hat.

Der Aufbauplan 48 demonstriert eine Alarmzentrale mit zwei getrennten Alarmschleifen. Die Anlage ist bei Schiebeschalterstellung A betriebsbereit. Wird durch die Alarmschleife Nr. 1 ein Alarm ausgelöst, leuchtet die Lampe auf. Wird durch die Schleife 2 ein Alarm ausgelöst, leuchtet die rote LED. Somit ist sofort erkenntlich, ob zum Beispiel im Erdgeschoß oder einem Obergeschoß der Alarm ausgelöst worden ist. Durch Tastendruck werden die Alarmanzeigen gelöscht.

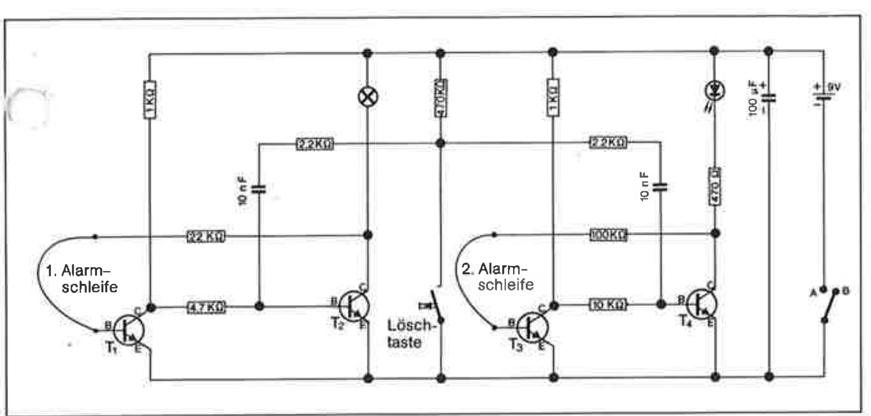


Abb. 48 a

Wie funktioniert diese Schaltung?

Im Prinzip handelt es sich bei unserer Schaltung (Abbildung 48a) um zwei miteinander gekoppelte Alarmanlagen mit Selbsthaltung, wie wir diese im Teil 1 (siehe Abbildungen 21-24) bereits kennengelernt haben. Durch Tastendruck gelangt sowohl an die Basis der Transistoren T 2 und T 4 ein negativer Impuls, der die Transistoren T 2 und T 4 sperrt und somit die Anlage in Ruhestellung bringt.

Abb. 48

Alarmanlage mit akustischer Alarmauslösung

Hierbei handelt es sich um eine Variation der vorangegangenen Schaltungen. Wir bauen das Gerät gemäß Aufbauplan 49. In Schiebeschalterstellung A ist die Anlage betriebsbereit. Wird die Alarmschleife (zum Beispiel an einem Türkontakt) unterbrochen, so wird über den Lautsprecher ein Dauerton-Alarm ausgelöst. Ist die Alarmschleife wieder geschlossen, ertönt der Alarmton noch einige Sekunden weiter, bis er automatisch gelöscht wird.

Der Schaltplan 49a zeigt uns links eine Verzögerungsschaltung, wie wir diese im Teil 1 bei den Abbildungen 32 und 32a kennengelernt haben. Die Verzögerungsschaltung ist mit dem auf der rechten Schaltplanseite abgebildeten Tongenerator gekoppelt. Tongeneratoren (Multi-Vibratoren) haben wir bei den vorangegangenen Experimenten ebenfalls ausführlich behandelt.

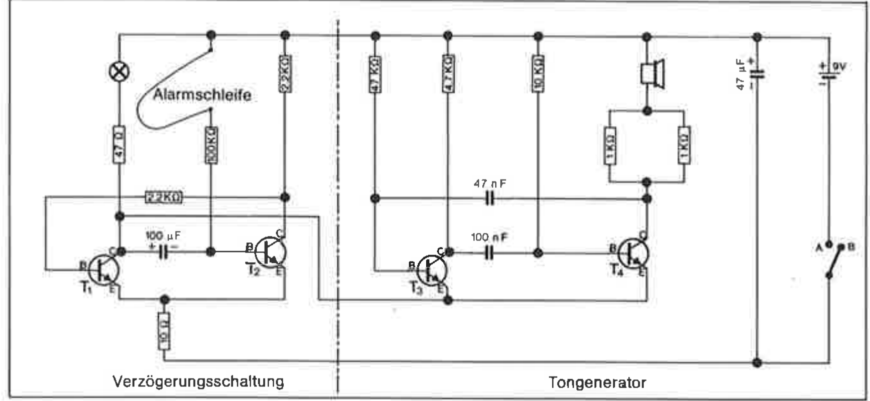


Abb. 49 a

Spannungsverdoppler zur Ermittlung eines Rausch-Transistors



Bisher haben wir die Basis-Emitter-Strecke unserer Transistoren immer nur in der „richtigen" Durchlaßrichtung betrieben. Benutzen wir die Basis-Emitter-Strecke (ohne Collector-Anschluß) in Sperr-Richtung (also genau umgekehrt wie bisher), wirkt der Transistor wie eine Diode in Sperrrichtung. Es kann kein Strom durch die Basis-Emitter-Strecke fließen. Bei einer bestimmten Spannung (die zwischen ca. 8 und 14 V liegt) ergibt sich jedoch beim Transistor-Betrieb in Sperr-Richtung (also vom Emitter zur Basis) ein zusätzlicher Effekt: Eine sogenannte „Rausch-Spannung". Die Rausch-Spannung kann bei Transistoren gleichen Typs unterschiedlich groß sein. Für einige Versuche benötigen wir einen Transistor mit möglichst großer Rausch-Spannung. Da sich die Rausch-Spannung jedoch erst bei Spannungen zwischen 8 und 14 V nachweisen läßt, reicht unsere Batterie-Spannung mit 9 V nicht aus. Wir bauen daher einen Spannungsverdoppler

Abb. 49

gemäß Aufbauplan 50. Wenn wir den Aufbauplan und den Schaltplan 50a genauer betrachten, sehen wir im rechten Schaltungsteil, daß dort ein Transistor gegenüber der bisherigen Anordnung „auf dem Kopf steht". Er wird also „falschherum" angeschlossen, das heißt in Sperr-Richtung betrieben, damit wir seine Rausch-Spannung testen können. Dieser Transistor wird in den Plänen als „Prüftransistor" bezeichnet. Da wir für den linken Schaltungsteil (astabiler Multivibrator) bereits zwei Transistoren benötigen, bleiben uns (wenn wir nur das Studio 2070 besitzen) lediglich noch zwei Transistoren zum Prüfen übrig. Wir können trotzdem alle vier Transistoren prüfen, wenn wir die Transistoren des linken Schaltungsteils gegen bereits geprüfte Transistoren austauschen.

Bei Schiebeschalterstellung A ist unser Testgerät betriebsbereit. Am Potentiometer stellen wir durch langsame Drehung die [illegible]den jeweiligen Prüf-Transistor am besten geeignete Spannung ein. In der Nähe des linken Potentiometer-Anschlags hören wir im Ohrhörer ein Rauschen, welches am rechten Potentiometer-Anschlag zu einem Pfeifen übergehen kann. Den Transistor, welcher den stärksten Rausch-Effekt abgibt, bezeichnen wir mit der Aufschrift „R" auf dem Baustein-Etikett.

Im Aufbau- und Schaltplan sehen wir eine punktierte Verbindungsleitung, die vom 470 kΩ Widerstand des Meßinstruments entweder zum Pluspol (Meßpunkt 1) oder zum Minuspol (Meßpunkt 2) des 10 µF Elkos führt. Vergleichen wir die Anzeige des Meßinstruments beim Anschluß an Meßpunkt 2 (kleiner Zeigerausschlag) mit dem Meßpunkt 1 (etwa doppelt so großer Zeigerausschlag), so erkennen wir die ungefähre Spannungsverdoppelung.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Die beiden Transistoren T 1 und T 2 sind zu einem Multivibrator zusammengeschaltet (siehe Schaltplan 50a). Die erzeugte Wechselspannung gelangt über den 100 Ω Widerstand und den 100 nF Kondensator an die Diode, wird dort gleichgerichtet und über den 10 kΩ Widerstand und den 10 µF Elko gesiebt. Die Gleichrichter-Diode ist so angeschlossen, daß sie die Wechselspannung positiv gegenüber der positiven Batterie-Spannung gleichrichtet. Hierdurch erhalten wir also eine positive Gleichspannung gegenüber dem Batterie-Pluspol. Am Meßpunkt 1 addiert sich die gleichgerichtete, vom Multivibrator erzeugte Spannung zu der 9 V Batterie-Spannung, wodurch sich (gegen den Batterie-Minuspol gemessen) eine positive Spannung ergibt, die logischerweise höher als 9 V ist. Diese erhöhte Spannung führen wir über das Potentiometer und den 100 kΩ Widerstand an den Emitter des zu prüfenden Transistors und erzeugen dort die gewünschte „Rausch-Spannung".

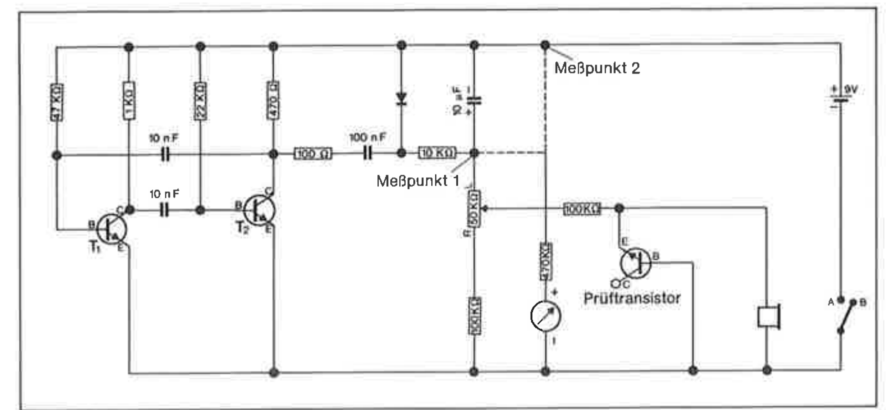


Abb. 50a

Abb. 50

Rausch-Generator als Dampflok-Geräuschimitation, oder als Rhythmusgerät

Der Rauschton-Generator erzeugt ein periodisches Zischen, dessen Takt am Potiometer eingestellt werden kann. Dies hört sich verblüffend ähnlich an, wie das Geräusch einer alten Dampflokomotive. Da sich an einem Schlagzeug ein ähnlicher Effekt ergibt, kann unser Rausch-Generator auch ein einfaches Rhythmusgerät darstellen.

Wir nehmen den Aufbau gemäß Abb. 51 vor und achten darauf, daß wir für T 3 den Transistor „R" (mit höchster Rausch-Spannung) und für T 4 den Transistor „B" (mit größter Verstärkung) einsetzen. Bei Schiebeschalterstellung A hören wir im Ohrhörer ein deutliches Zischen, dessen Taktfolge am Potentiometer geändert werden kann.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wie im vorangegangenen Versuch müssen wir wieder eine Spannung erzeugen, die höher als die 9 V Batterie-Spannung ist. Im Schaltplan 51a erkennen wir auf der linken Seite einen astabilen Multivibrator, der allerdings mit einer wesentlich langsameren Taktfolge arbeitet als beim vorangegangenen Spannungsverdoppler. Wenn T 2 durchschaltet, dann fließt über den 1 kΩ Widerstand sowie 4,7 µF Elko und Diode ein Ladestrom, welcher den 4,7 µF Elko auf 9 V Batterie-Spannung auflädt. Wir nehmen an, der Multivibrator kippt wieder zurück, und der Collector des Transistors T 2 wird positiv. Dann wird auch die positive Seite des 4,7 µF Elkos positiver und damit auch positiver als die Batterie-Spannung. Dadurch haben wir, ähnlich wie zuvor, eine Spannung erzeugt, die größer ist als die Batterie-Spannung.

Diese erhöhte Spannung wird über den 22 kΩ und 100 kΩ Widerstand dem Emitter des Rausch-Transistors T 3 zugeführt. Die Rausch-Spannung von T 3 wird über den 100 nF Kondensator abgegriffen und durch T 4 verstärkt dem Ohrhörer zugeführt. Sollte sich durch die unterschiedlichen Transistor-Eigenschaften im Ohrhörer kein Zischen ergeben, dann müßte der, den beiden 100 kΩ Widerständen vorgeschaltete 22 kΩ Widerstand überbrückt (weggelassen) werden. Dies ist ggf. durch Versuche zu ermitteln. Am Potentiometer kann man die Frequenz des Multivibrators und damit die Rauschfrequenz variieren.

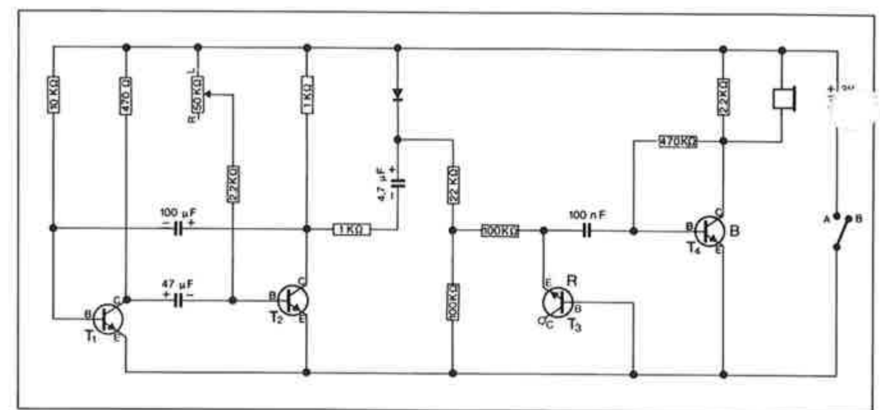


Abb. 51a

Abb. 51

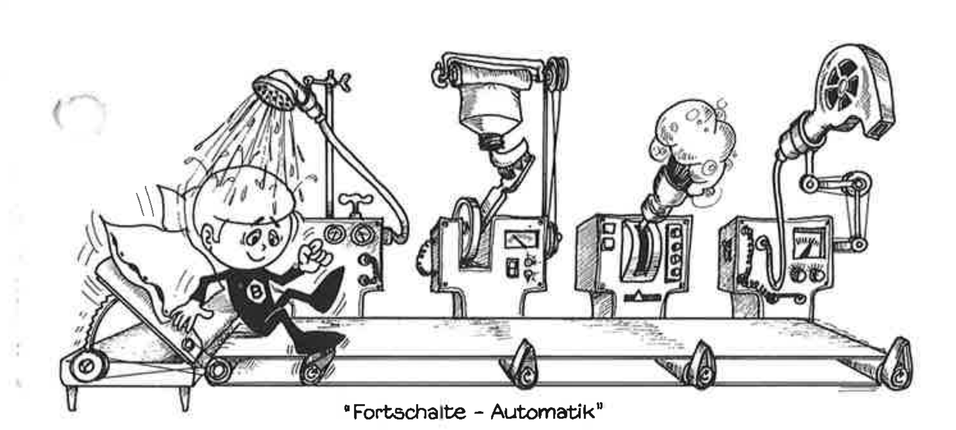
Automatische Mehrfachschaltung (Fortschalte-Automatik)

Die elektronische Mehrfach-Schaltung (der Fachmann spricht von einer Fortschalte-Automatik) wird heute in vielen Bereichen eingesetzt. Denken wir zum Beispiel an Wasch- oder Geschirrspülmaschinen. Nach dem Einschalten laufen die verschiedenen „Programme" automatisch ab, wie zum Beispiel Wasserzulauf – Vorwaschen – Wasserwechsel – Hauptwaschgang – Schleudern usw.

Eine einfache Fortschalte-Automatik ergibt sich gemäß Aufbauplan 52, mit welcher wir demonstrieren, wie durch Tastendruck in bestimmter zeitlicher Reihenfolge verschiedene Arbeitsgänge elektronisch gesteuert werden. Bei Schiebeschalterstellung A ist unser Gerät betriebsbereit. Das Instrument bringt einen Zeigerausschlag, und die LED brennt. Drückt man nun auf die Taste, dann geht für eine gewisse Zeit der Zeigerausschlag des Instruments zurück, danach schaltet sich für eine weitere voreingestellte Zeit die LED aus. Alsdann stellt sich der Zeigerausschlag am Instrument wieder ein und die LED leuchtet.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Normalerweise sind über die Basis-Widerstände beide Transistoren durchgeschaltet (siehe Schaltplan 52a). Der 47 µF Elko wird aufgeladen, und der 10 µF Elko bleibt entladen. Drücken wir auf die Taste, dann wird bis zur Umladung des 47 µF Elkos der Transistor T 1 gesperrt. Der Instrumentenausschlag geht zurück. Hierdurch wird der 10 µF Kondensator aufgeladen. Schaltet nun T 1 wieder durch, dann sperrt T 2, und die LED geht aus. Dies dauert so lange, bis über den 22 kΩ Widerstand der 10 µF Elko umgeladen wurde. Jetzt schaltet T 2 erneut durch und die Ausgangssituation ist wieder erreicht.



"Fortschalte - Automatik"

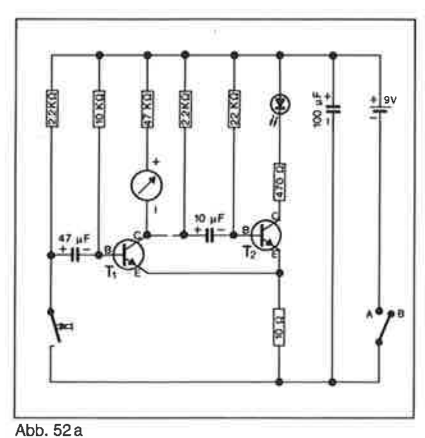


Abb. 52a

Abb. 52

Pausenzeichen-Automatik durch Stufenton-Generator

Vom Rundfunk und Fernsehen kennen wir die verschiedenen Pausenzeichen der Sender, die sich in einer bestimmten Tonfolge mehrmals wiederholen. Unser Stufenton-Generator, gemäß Aufbauplan 53, stellt ein Beispiel für die automatische Pausenzeichen-Wiederholung dar. Wenn wir nach dem Einschalten des Geräts kurz die Taste drücken, ertönen aus dem Lautsprecher nacheinander 3 Töne. Die Tonfolge kann am Potentiometer variiert werden, wobei der letzte Ton immer der tiefste Ton bleibt. Wenn wir die beiden Elkos 4,7 µF und 10 µF gegeneinander austauschen, entsteht eine andere Tonfolge.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 53a zeigt, daß die Transistoren T 1 und T 2 eine Fortschalte-Automatik (ähnlich dem vorangegangenen Versuch) ergeben. Die Transistoren T 3 und T 4 stellen einen Tongenerator dar. T 3 bekommt seinen Basis-Strom über den 100 kΩ Widerstand vom Pluspol der Batterie, gleichzeitig aber auch noch über den zweiten 100 kΩ Widerstand und den Mittelabgiff des Potentiometers und je nach dessen Einstellung vom Collector des Transistors T 2, bzw. Collector von T 1. Solange die Taste nicht gedrückt ist, gelangt an die Emitter der Transistoren T 3 und T 4 keine negative Batterie-Spannung. Der Tongenerator arbeitet nicht, kein Ton ertönt. Drückt man nun die Taste, gelangt der Batterie-Minuspol über den 47 Ω Widerstand an die Emitter der Transistoren T 3 und T 4. Gleichzeitig wird über den 4,7 µF Elko der Transistor T 1 gesperrt. T 2 bleibt durchgeschaltet. Es ertönt ein Ton, dessen Höhe auch von der Potentiometer-Einstellung abhängt. Nach der Umladung des 4,7 µF Elkos schaltet T 1 durch und sperrt T 2. Dadurch greift das Potentiometer eine andere Spannung ab, und es ergibt sich ein anderer Ton. Nach der Umladung des 10 µF Elkos zur Basis des T 2 schaltet dieser durch. Nun sind beide Transistoren durchgeschaltet. An beiden Collectoren liegt eine negative Spannung an, und es fließt kein Strom mehr aus dem Potentiometer in die Basis des T 3. Jetzt erklingt der tiefste Ton. Durch Variation der Potentiometer-Stellung läßt sich somit eine Tonfolge von 3 Tönen erzielen. Zum Ausprobieren ist es empfehlenswert, die beiden Elkos 4,7 µF und 10 µF gegeneinander auszutauschen, wodurch sich eine andere Tonfolge-Zeit ergibt.

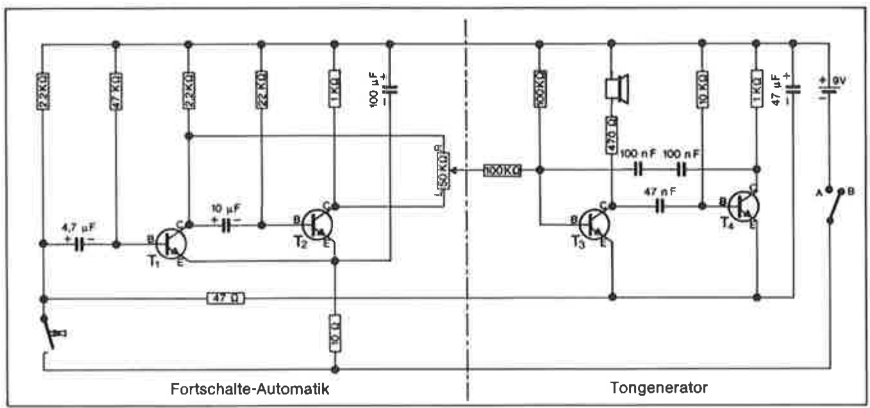


Abb. 53a

Abb. 53

Automatische Telefonwählscheibe

Durch das Aufziehen und Loslassen der Telefonwählscheibe (der Fachmann sagt Nummernschalter dazu) sendet der Telefonapparat in kurzen Zeitabständen eine entsprechende Anzahl von Impulsen. Wählt man zum Beispiel eine 6, dann sendet der Apparat sechs Impulse. Die Impulsabgabe erfolgt durch kurzzeitige Leitungsunterbrechungen. In der automatischen Vermittlungsstelle werden diese Impulse registriert und dazu benutzt, die gewünschte Verbindung herzustellen. Seit einiger Zeit gibt es auch automatische Wählgeräte, in welchen bestimmte Rufnummern von oft anzuwählenden Teilnehmern gespeichert sind. Durch einen Tastendruck wir automatisch die komplette Rufnummernfolge gewählt. Dies erspart dem Benutzer Zeit.

Mit der Schaltung, gemäß Aufbauplan 54, demonstrieren wir, wie eine voreingestellte Anzahl von Impulsen erzeugt wird. Drückt man einige Sekunden nach dem Einschalten des Geräts kurz auf die Taste, dann blinkt die LED nacheinander mehrmals auf. Durch Verstellen des Potentiometers kann eingestellt werden, wie oft die LED pro Tastendruck aufleuchten soll. Zu beachten ist, daß die Schaltung zwischen dem letzmaligen Blinken der LED und einem neuen Tastendruck einige Sekunden Aufladezeit benötigt.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 54a zeigt uns, daß die Transistoren T 1 und T 2 einen monostabilen Multivibrator (also eine Zeitschaltung) ergeben. Die Funktion dieser monostabilen Kippstufe hatten wir im Teil 1 (Abbildung 31) kennengelernt. Bei eingeschaltetem Gerät (ohne Tastendruck) wird T 2 über das Potentiometer und den 2,2 kΩ Widerstand angesteuert und schaltet durch. Damit ist T 1 gesperrt und der 100 µF Elko ist aufgeladen. Durch Tastendruck wird die Collector-Emitter-Strecke des Transistors T 1 kurzgeschlossen (überbrückt). Damit sperrt T 2 und T 1 bleibt über den 10 kΩ Widerstand leitend. T 2 bleibt solange gesperrt, bis der 100 µF Elko über das Potentiometer umgeladen wird. Die Umladezeit ist am Potentiometer einstellbar. Solange der Collector des Transistors T 2 positiv bleibt (d. h. solange T 2 sperrt), erhält T 3 Ansteuerung, und die Blinkschaltung, bestehend aus den Transistoren T 3 und T 4, blinkt. Je länger T 2 gesperrt bleibt, um so länger ist die Blinkschaltung eingeschaltet, und um so häufiger blinkt die LED.

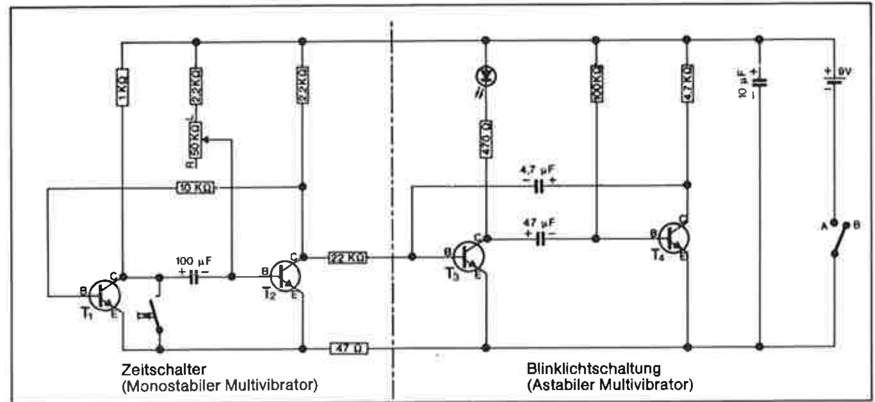


Abb. 54 a

Abb. 54

Elektronisches Klavier

Mit dem Gerät, gemäß Aufbauplan 55 , ergibt sich ein „elektronisches Klavier". Zunächst stellen wir die im Plan punktiert eingezeichnete Verbindungsleitung „kurzer Nachhall" her. Die Verbindungsleitung „langer Nachhall" wird nicht angeschlossen.
Drücken wir bei eingeschaltetem Gerät (Schiebeschalterstellung A) auf die Taste, so ertönt aus dem Lautsprecher ein Ton, der beim Loslassen der Taste nicht plötzlich aufhört, sondern wie bei einem Klavier langsam ausklingt. Die Taste wird also nur ganz kurz betätigt. Bedienen wir nun mit einer Hand die Taste und mit der anderen Hand den Drehknopf des Potentiometers, so können wir nach kurzer Einübung kleine Melodien spielen, die sich verblüffend klavierähnlich anhören.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 55a zeigt uns, daß das Gerät aus zwei, miteinander gekoppelten Schaltungsteilen besteht: Links ergibt sich aus den Transistoren T 1 - T 3 ein Tongenerator, welcher nach dem Hysterese-Prinzip arbeitet. Der rechte Schaltungsteil bringt den Nachhall-Effekt.

Die vom Tongenerator erzeugte Wechselspannung gelangt über den 10 µF Elko und den 10 kΩ Widerstand an die Basis des Transistors T 4. Wir nehmen zunächst einmal an, die Strecke über der Diode und den 22 kΩ Widerstand sei nicht vorhanden. Wir wollen weiterhin annehmen, die Taste sei nicht gedrückt und der 10 µF Elko ist entladen. Mit jedem Durchschalten des T 3 wird der Emitter T 3 sowie der Emitter von T 2 kurz positiv. Es fließt ein Ladestrom über den 10 µF Elko, 10 kΩ Widerstand zur Basis von T 4, wird dort verstärkt und gelangt über den 10 Ω Widerstand zum Lautsprecher.
Nun nehmen wir an, T 2 schaltet durch, und T 3 sperrt. Jetzt sinkt die Emitter-Spannung an beiden Transistoren ab. Da die Emitter-Basis-Strecke eines Transistors immer als Diode wirkt, kann sich der 10 µF Elko nicht entladen. Allerdings ist er auch noch nicht voll aufgeladen. Mit dem nächsten positiven Anstieg am Emitter T 2 (also wenn T 3 durchschaltet) gelangt ein neuer positiver Impuls an die Basis von T 4 und erzeugt ebenfalls einen Impuls im Lautsprecher. Dieser Vorgang wiederholt sich sehr schnell und so lange, bis der 10 µF Elko so weit aufgeladen ist, daß T 4 nicht mehr angesteuert werden kann. Da die Impulse an den Emittern der Transistoren T 2 und T 3 in rascher Folge (Tonfrequenz) ankommen, hören sie sich aus dem Lautsprecher als Ton an. Da sich der 10 µF Elko immer stärker auflädt, wird die Ansteuerung des Transistors T 4 immer geringer, und der Ton klingt langsam aus. Nachdem der 10 µF Elko aufgeladen ist, schwingt zwar der NF-Generator mit den Transistoren T 1, T 2 und T 3 weiter, der Transistor T 4 kann jedoch

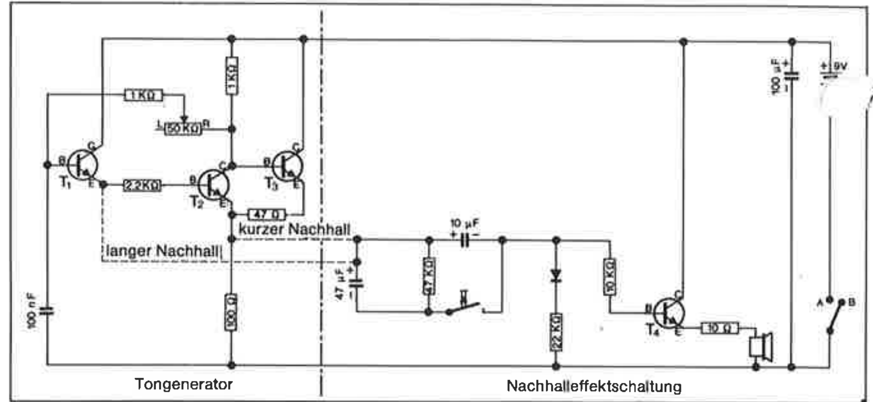


Abb. 55 a

Abb. 55

nicht mehr angesteuert werden. Erst wenn durch kurzen Tastendruck der 10 µF Elko überbrückt wurde, ergibt sich eine Parallelschaltung mit dem entladenen 47 µF Elko. Jetzt kann T 4 erneut angesteuert werden. Nach Loslassen der Taste klingt der erzeugte Ton wie beim Klavier aus.
Für den nachfolgenden Versuch bleibt die jetzt aufgebaute Schaltung bestehen.

Elektronische Hawaii-Gitarre

Die Schaltung, gemäß Abbildung 55 und 55a, bleibt bestehen, wobei wir folgende Änderung vornehmen (Gerät abschalten): Das bisher vom 47 µF Elko zum Emitter des Transistors T 2 führende Kabel (im Aufbauplan 112 punktiert zum 47 Ω Widerstand gezeichnet) entfällt. Dafür wird eine Kabelverbindung vom Pluspol des 47 µF Elkos zum Emitter von T 1 hergestellt (punktierte Linie „langer Nachhall").

Betätigen wir jetzt unser Gerät, wie im vorangegangenen Versuch beschrieben, so ergibt sich ein wesentlich längerer Nachhall-Effekt. Zusätzlich stellt sich eine heller werdende Klangfarbe ein. Die Töne erhalten einen Hawaii-Gitarrenähnlichen Klang. Stellen wir am Potentiometer sehr tiefe Töne ein, ergibt sich das Geräusch eines vorbeifliegenden Flugzeugs.

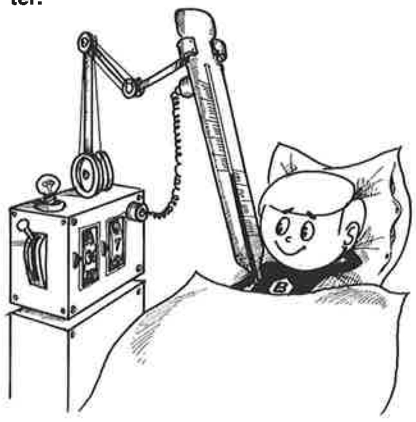
Elektronische Temperaturmessung

Mit der Schaltung, gemäß Aufbauplan 56, bauen wir ein elektronisches Temperaturmeßgerät, wobei der Transistor, den wir bei einer früheren Prüfung mit „B" bezeichneten (größte Verstärkerleistung), als Temperaturfühler eingesetzt wird.

Nachdem wir das Gerät eingeschaltet habe, wird das Meßinstrument durch entsprechende Potentiometer-Einstellung auf „0" einjustiert. Dies ist zunächst nur eine Grobeinstellung des Instruments, um es vor Schaden zu bewahren. Halten wir jetzt die Taste niedergedrückt, so ist das Instrument auf eine hochempfindliche Feineinstellung geschaltet. Es wird bei gedrückter Taste nochmals auf „0" justiert. Das Gerät ist damit auf die momentan vorhandene Raumtemperatur geeicht.

Nun nehmen wir den Transistor T 2 (im Plan als „Temperaturfühler" bezeichnet) vorsichtig zwischen zwei Finger. Da sich die Wärme unserer Finger auf den Transistor überträgt, können wir bei gedrückter Taste den Temperaturanstieg am langsam ansteigenden Zeigerausschlag des Meßinstruments beobachten. Wollen wir im Winter die kalte Außentemperatur feststellen, dann müßte das Instrument nicht auf „0", sondern auf eine Mittelstellung justiert werden, weil sich ein Temperatur-Rückgang durch einen Zeigerausschlag nach links bemerkbar macht.

Wir können den temperaturfühlenden Transistor auch aus dem Kasten herausnehmen und mit einem verlängerten Kabel z. B. vor dem Fenster anbringen. Wir haben dann ein **elektronisches Fern-Thermometer.**



Transistoren gehören zu den Halbleitern. Alle Halbleiter haben die Eigenschaft, bei ansteigenden Temperaturen „durchlässiger" zu werden. Bei höheren Temperaturen fließt ein größerer Strom als bei niederen Temperaturen. Diese Veränderung zeigt unser Meßinstrument an.

Wenn wir ein Transistor-Radiogerät aus Versehen in die Sonne stellen, ergibt sich mitunter eine wesentlich schlechtere Tonwiedergabe. Auch dieser Vorgang ist auf die Temperatur-Erhöhung zurückzuführen.

Transistor als Temperaturfühler

Abb. 56

Wie funktioniert diese Schaltung?

Aus dem Schaltplan 56a ist ersichtlich, daß an der Basis von T 2 ein 10 kΩ Widerstand und ein 1 kΩ Widerstand angeschlossen ist. Die beiden Widerstände stellen einen Spannungsteiler etwa 1:10 dar, der seine Spannung vom Collector des Transistors T 2 erhält. Stehen am Collector des Transistors T 2 zum Beispiel 5 V, dann stehen an der Basis des Transistors nur 0,5 V. Da die Basis-Emitter-Spannung eines Transistors bei normaler Raumtemperatur ca. 0,6 V beträgt, stellt sich die Collector-Spannung des Transistors T 2 auf ca. 6 V ein. Verändert man die Temperatur von T 2, dann verändert sich auch aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeit die Ba-

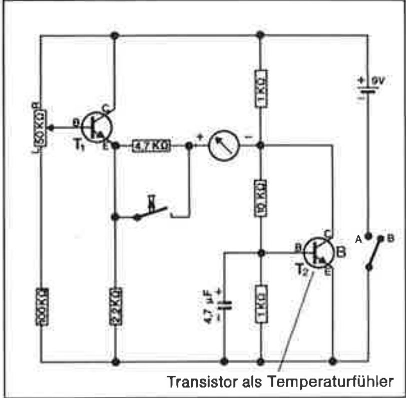


Abb. 56 a

sisspannung des Transistors (ca. 2 mV je Grad C.) Ändert sich die Betriebsspannung (auch Basis-Emitter-Schwellspannung genannt) zum Beispiel um 20 mV, dann ändert sich die Collector-Spannung um ca. 200 mV. Der Collector T 2 ist mit der einen Seite des Instruments verbunden. Die andere Seite des Instruments gelangt über den 4,7 kΩ Widerstand an den Emitter von T 1. Die Basis erhält eine, durch das Potentiometer einstellbare Spannung. Da T 1 als „Emitterfolger" geschaltet ist, stellt sich auch der Emitter des T 1 auf eine durch das Potentiometer einstellbare Spannung ein. Dadurch kann erreicht werden, daß man das Instrument bei beliebiger Temperatur des Transistors T 2 auf „0" stellen kann. Drückt man auf die Taste, dann wird der Ausschlag des Instruments noch empfindlicher. Allerdings muß man dann auch darauf achten, daß das Instrument immer im Anzeigenbereich bleibt. Zu große Ströme, die über das Instrument fließen, könnten es zerstören.

Rundfunkempfänger

Bei den Versuchen mit dem Electronic-Studio 2065 (bzw. 2060 + 2061) haben wir bereits einige Rundfunk-Empfangsschaltungen kennengelernt. Mit den nun folgenden Radio-Schaltungen beschäftigen wir uns mit weiteren interessanten Schaltungsvariationen, die zu Rundfunkempfängern mit sehr guten Empfangeigenschaften führen.

Empfindliches Mittelwellen-Radio mit Reflex- und Gegentakt Endstufe

Dieser Versuch zeigt uns, daß wir (auch ohne den bei früheren Versuchen bereits verwendeten Radio-IC) unter Verwendung von 4 Transistoren eine sehr gute Empfangsleistung erreichen können. Hierfür bauen wir das Gerät sorgfältig gem. Abbildung 57 auf.

Das Radio wird wie bekannt in Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen. Die Senderwahl erfolgt am Drehko. Um Rückkopplungen zu vermeiden, weisen wir nochmals darauf hin, die kürzesten Verbindungsleitungen zu benutzen und diese so zu verlegen, daß sie zwischen (nicht über) den Bausteinen verlaufen. Keinesfalls dürfen Ferritantenne, Kondensatoren usw. von den Vebindungsleitungen berührt werden.

1. Ausbaumöglichkeit: Wecker-Radio

Wir können unser Mittelwellen-Radio auch zu einem Wecker-Radio umbauen. Es ist lediglich der 100 Ω Widerstand (siehe Schaltplan 57a) gegen den LDR-Photowiderstand auszutauschen. Das in der Dunkelheit eingeschaltete Gerät weckt am nächsten Morgen automatisch mit Musik, sobald der LDR vom Licht der aufgehenden Sonne, bzw. je nach Einstellung von der Dämmerungs-Helligkeit getroffen wird. Es ist allerdings zu beachten, daß die Schaltung auch Strom verbraucht, solange das Radio noch nicht spielt. Für derartige Experimente ist ein 9V Netzteil interessant. Ein spezielles Netzteil für das BUSCH-Electronic-Studio ist unter der Bestell-Nr. 2059 lieferbar.

2. Außenlautsprecher-Anschluß

Wenn wir den Baustein „Lautsprecher" nicht benutzen (und damit unseren eingebauten Lautsprecher abschalten) können wir eine kleine Lautsprecherbox am C[illegible]-tor des Transistors T 4 und an der Plu[illegible] des 47 µF Elkos anschließen, wodurch sich die Tonqualität verbessert.

3. Plattenspieler-, Tonband- und Cassetten-Recorder-Anschluß

Die empfangenen Sender unseres selbstgebauten Radios können auch ohne weiteres auf ein Tonband, bzw. einen Cassetten-Recorder überspielt werden. Alle derartigen Phonogeräte werden mit dem üblichen Überspielkabel an der Buchse des Electronic-Studios angeschlossen.



Überspielkabel

In den Plänen 57 und 57a führen zwei Verbindungsleitungen zu den Kontaktstellen 2 und 3 der Überspielbuchse.(Die eigentliche Überspielbuchse, auch Diodenbuchse genannt, befindet sich

im Armaturenbrett und ist durch eine angelötete Verbindungsleitung mit dem entsprechenden Baustein verbunden). Nun haben wir die Möglichkeit, einen Plattenspieler, Tonband oder Cassetten-Recorder mit dem NF-Verstärker unseres Radio-Geräts zu verbinden. Hierzu ist lediglich ein genormtes Überspielkabel in die Diodenbuchse des Armaturenbretts einzustecken. Am anderen Ende des Überspielkabels wird zum Beispiel ein Cassetten-Recorder angeschlossen.

Sollen Schallplatten, Cassetten oder Tonbänder wiedergegeben werden, so ist lediglich der Drehko auf eine Stelle ohne Senderempfang einzustellen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Das besondere an unserem Gerät ist die sogenannte Reflexstufe. In dieser Reflexstufe wird zuerst die Hochfrequenz verstärkt. Dann wird diese HF demoduliert und wie bekannt eine NF-Spannung gewonnen. Diese NF-Spannung gelangt erneut an den Eingang der Reflexstufe und wird dort nochmals verstärkt. Am Ausgang der Reflexstufe sorgt eine Weichenschaltung (sogenannte Frequenzweiche) dafür, daß die HF zur Demodulatorschaltung gelangt, während die NF zur nächsten Verstärkerstufe weitergeleitet wird.

Die empfangene HF-Spannung gelangt an die Basis von T 1 (siehe Schaltplan 57a). Am Collector des Transistors T1 wird die verstärkte HF-Spannung über den 1 nF Kondensator zur Diode geführt. Die demodulierte NF-Spannung gelangt über den 10 KΩ Widerstand und den 100 nF Kondensator zum 47 nF Kondensator, wird dort geglättet (gesiebt), wodurch nur noch die reine NF übrigbleibt. Diese gelangt über die Ferritantennenkontakte 1 und 2 durch die Antennenspule zurück zur Basis des Transistors T1. Dort trifft die NF mit der HF zusammen (die in der großen Antennenspule erzeugt wird). Der Transistor T1 verstärkt jetzt sowohl die über die Ferritantenne ankommende HF, als auch die über die kleine Antennenspule vorhandene NF. Am Collector T1 verzweigen sich HF und NF. Für die HF ist die Drosselspule ein großer (fast unüberwindlicher) Widerstand, während der 1 nF Kondensator (zur Diode) einen kleinen Widerstand darstellt. Die HF nimmt also den einfachsten Weg. Für die NF ist der 1 nF Kondensator ein großer, die Drosselspule jedoch ein kleiner Widerstand.

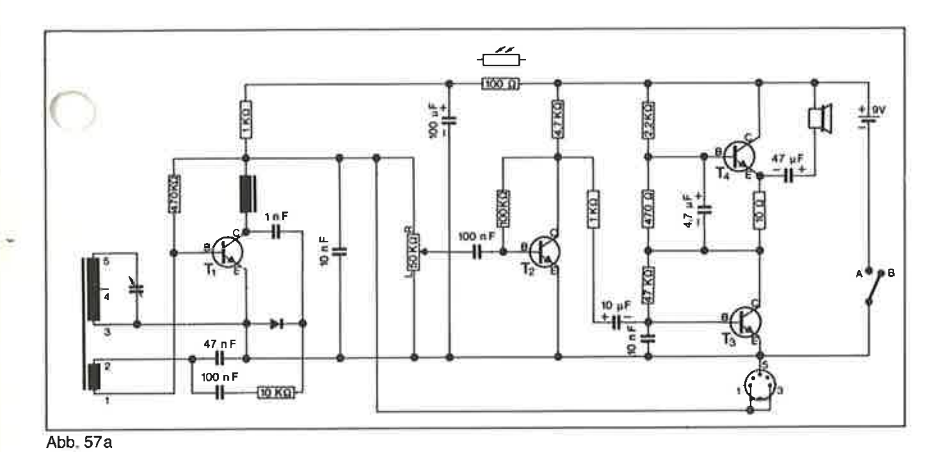


Abb. 57a

Abb. 57

Die NF-Spannung gelangt jetzt direkt aus der Reflexstufe über das Potentiometer und den 100 nF Kondensator an den NF-Verstärkungs-Transistor T 2. Vom Collector T 2 gelangt die NF über den 1 kΩ Widerstand und 10 µF Elko an die Basis des nächsten Transistors T 3. Der Collector-Strom von T 3 verzweigt sich einerseits in die 470 Ω und 2,2 kΩ Widerstände und andererseits über den 10 Ω Widerstand und die Emitter-Collector-Strecke des Transistors T 4 zum Pluspol der Batterie. Wird T 3 leitend, entzieht T 3 dem Transistor T 4 über den 470 Ω Widerstand einen Großteil der Basis-Ansteuerung. Ist T 3 nicht leitend, gelangt der Batterie-Pluspol über den 1 kΩ Widerstand an die Basis des Transistors T 4. Die beiden Transistoren T 3 und T 4 arbeiten also im „Gegentakt", d. h. wird T 3 leitend, dann sperrt T 4. Sperrt jedoch T 3, dann wird T 4 leitend. Da der Lautsprecher über den 47 µF Elko zwischen Emitter T 4 und Collector T 3 angeschlossen ist, erhält er im Takt der NF eine Wechselspannung.

Ohrhörer-Radio mit NF-Aussteuerungsanzeige

Bei modernen Rundfunkgeräten, Tonbändern und Cassetten-Recordern ist eine NF-Aussteuerungsanzeige anzutreffen. Am Meßinstrument erkennt man je nach Zeigerausschlag die Stärke der NF-Spannungsschwankungen.

Ein Rundfunkgerät mit NF-Aussteuerungsanzeige ergibt sich aus dem Aufbauplan 58. Da wir für die Instrumentensteuerung einen Transistor benötigen, verwenden wir anstelle des Lautsprechers wieder den Ohrhörer.

Wenn wir unser Gerät einschalten und mit dem Drehko einen entsprechenden Sender eingestellt haben, ergibt sich am Meßinstrument ein Zeigerausschlag im Takte der NF. Außerdem blinkt die Leuchtdiode bei grösserem Zeigerausschlag. Am Potentiometer kann mit dem Zeigerausschlag auch die Lautstärke geregelt werden. Unser Gerät ist richtig „ausgesteuert", wenn der Zeigerausschlag im Mittelbereich der Skala bleibt. Wird unser Gerät „übersteuert", geht der Zeigerausschlag bis zum Skalenende, und die Leuchtdiode signalisiert durch Dauerlicht: „total übersteuert – Gefahr für das Meßinstrument".

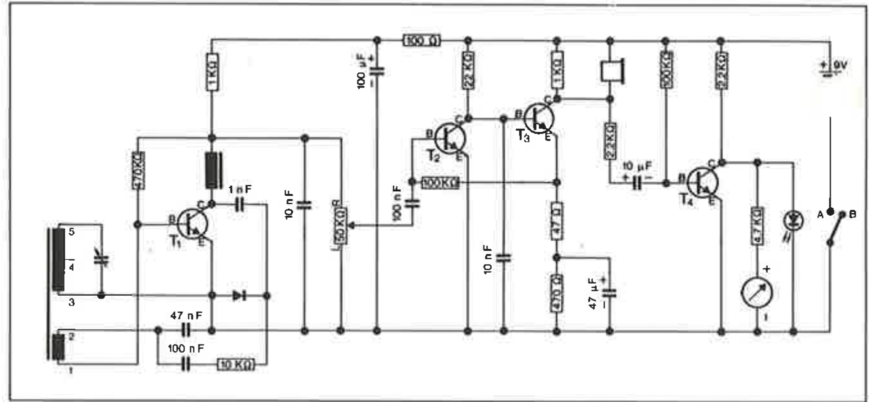
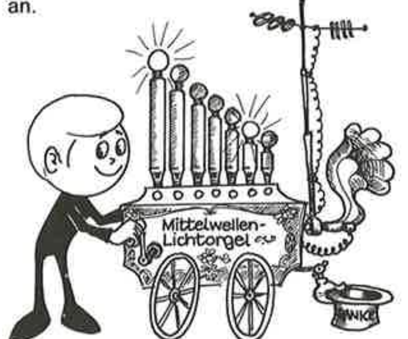


Abb. 58a

Abb. 58

Wie funktioniert diese Schaltung?

Gemäß Schaltplan 58a verwenden wir wieder die bekannte Reflexstufe als Empfangsteil. Die Reflexstufe steuert einen zweistufigen NF-Verstärker an. Das verstärkte Signal gelangt an den Ohrhörer und außerdem über den 2,2 kΩ Widerstand und den 10 µF Elko an die Basis des Transistors T 4. Der 100 kΩ Widerstand zwischen Basis von T 4 und dem Pluspol der Batterie bewirkt, daß der Transistor T 4 leitend ist und somit kein Strom über das Instrument fließen kann. Gelangt aus dem NF-Verstärker an die Basis T 4 eine NF-Wechselspannung, dann wird T 4 im Takt der negativen Halbwellen gesperrt, es fließt ein Strom zum Instrument. Der Zeigerausschlag zeigt somit die Aussteuerung an.



Mittelwellen-Rundfunksender steuert Lichtorgel

Wir benutzen jetzt einen Mittelwellen-Rundfunksender zur Blinksteuerung einer kleinen Lichtorgel. Hierzu bauen wir die Schaltung gemäß Aufbauplan 59. Nach dem Einschalten stellen wir den Drehko so ein, daß wir keinen Sender empfangen. Am Potentiometer drehen wir so weit zurück, daß die Lampe gerade ausgeht. Nehmen wir jetzt am Drehko eine Sendereinstellung vor, leuchtet die Lampe im Takt der NF. Im Ohrhörer können wir gleichzeitig das Rundfunkprogramm mithören. Wird der Sender zu schwach empfangen, so schließen wir an der Kontaktstelle 4 der Ferritantenne eine kurze Antennenleitung oder bei Kontaktstelle 3 eine Erdleitung an.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Wie wir aus dem Schaltplan 59a sehen, ist an der Reflexstufe ein 1-stufiger NF-Verstärker (T 2) angeschlossen. Sein Ausgangssignal führt vom Collector zum Ohrhörer, außerdem über den 100 nF Kondensator und 2,2 kΩ Widerstand zur Basis des Transistors T 3. Ist T 3 leitend, wird T 4 gesperrt, und das Lämpchen ist aus. Ist T 3 gesperrt wird T 4 leitend, und das Lämpchen brennt. Das Potentiometer wird so eingestellt, daß ohne Ton das Lämpchen gerade nicht mehr leuchtet. Gelangt nun eine NF-Schwingung an die Basis von T 3, sperrt T 3, Transistor T 4 wird leitend, und das Lämpchen blinkt im Takt der NF-Aussteuerung.

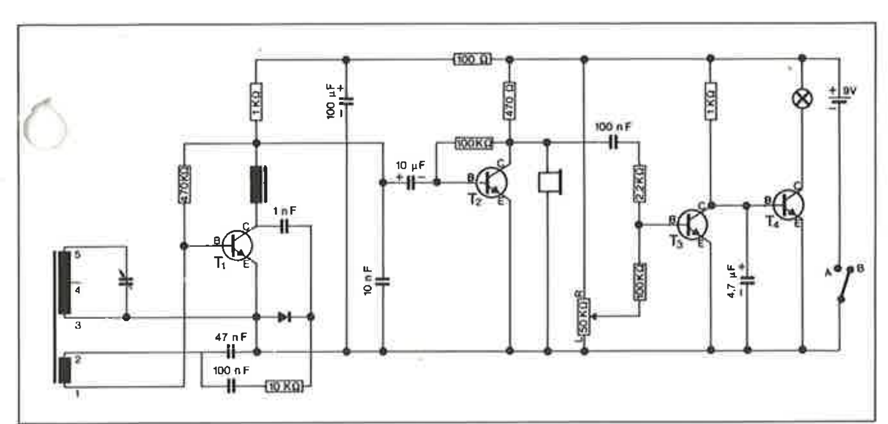


Abb. 59a

Abb. 59



Ohrhörer-Radio mit Feldstärkemesser (Senderanzeige)

Bei Rundfunkgeräten der oberen Preisklasse werden die Sender nicht nur „nach Gehör", sondern auch mit einer optischen Senderanzeige (Feldstärkemesser) eingestellt. Beim größten Zeigerausschlag des Instruments ist der Sender richtig, d. h. mit seiner größten Feldstärke eingestellt.
Ein Feldstärkemesser ist auch ideal, um z. B. den besten Standort einer Antenne zu ermitteln. Der Feldstärkemesser zeigt nicht, wie beim vorangegangenen Versuch, die NF-Schwingungen, sondern die Spannung der über die Antenne eingefangenen HF an.

Wir bauen das Gerät gemäß Abbildung 60 auf. In günstigen Empfangslagen dürfte eine Erdung, bei ungünstiger Lage evtl. auch eine kleine Antenne notwendig sein.

Nach dem Einschalten des Geräts wird ohne Empfang eines Senders das Potentiometer so eingestellt, daß der Zeiger des Meßinstruments bei der 5-stelligen Skala auf Ziffer „1" steht (bei der 10-stelligen Skala auf Ziffer „2"). Suchen wir jetzt mit dem Drehko einen Sender, schlägt das Instrument aus. Starke (in der Nähe befindliche) Sender werden einen größeren Zeigerausschlag bringen, als entferntere Stationen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Gemäß Schaltplan 60a wirkt der Transistor T 1 wieder als Reflexstufe, wobei die Funktion der Diode von der Basis-Emitter-Strecke des Transistors T 2 übernommen wird. Am Potentiometer wird eine Spannung abgegriffen, die so einzustellen ist, daß sie den Transistor T 2 gerade so [illegible]it durchschaltet, daß das Instrument [illegible] die Anzeige-Ziffer „1" (bei 10-stelliger Skala Ziffer „2") erreicht. Diese Grundeinstellung ist notwendig, damit unser Gerät funktionieren kann. Wenn jetzt ein Sender empfangen wird, arbeitet die Reflexstufe in der bekannten Weise, wobei durch die zusätzliche Ansteuerung des Transistors T 2 durch die HF, der Ausschlag des Instruments vergrößert wird. Das Instrument schlägt um so weiter aus, je größer die HF-Spannung ist, d. h. je besser der Sender empfangen wird.

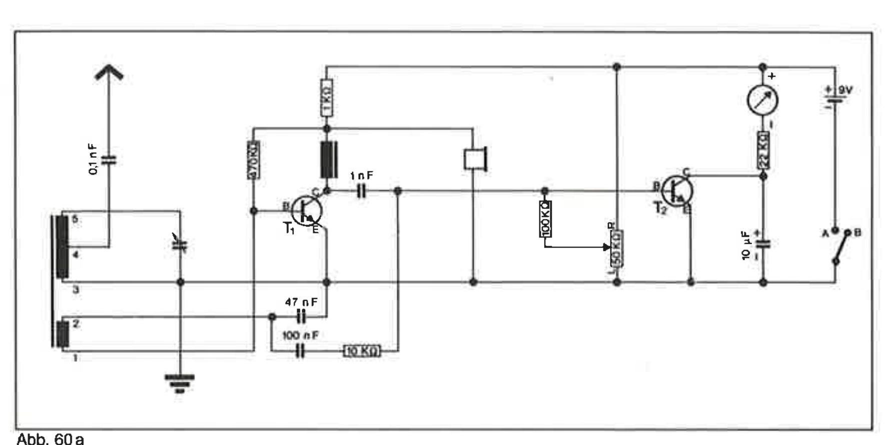


Abb. 60a

Abb. 60

MW-Empfänger mit Radio-IC und Gegentaktendstufe

Der Aufbauplan 61 zeigt, wie mit 3 Transistoren und einem Radio-IC ein besonders leistungsfähiger Mittelwellen-Empfänger entsteht. Ohne Außenantenne und ohne Erde, lediglich mit der eingebauten Ferritantenne, ergibt sich ein hervorragender Empfang. Die Empfangsqualität kann in ungünstigen Lagen verbessert werden, wenn an der Kontaktstelle 4 der Ferritantenne ein kurzes Kabel angeschlossen und innerhalb der Gehäuserückwand verlegt wird.

Hinweis: Möglichst kurze Verbindungsleitungen verwenden und die Bauteile nicht verwechseln.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der linke Schaltungsteil ist uns aus dem Kapitel „MW-Radio mit IC" bekannt. Als Verstärker benutzen wir den im Kapitel „Empfindliches MW-Radio mit Reflex- und Gegentaktendstufe" verwendeten 3 Transistorverstärker, wobei die Transistoren T 2 und T 3 als Gegentakt-Endstufe geschaltet sind.

An der Überspielbuchse kann wieder ein Cassetten-Recorder für Aufnahme und Wiedergabe angeschlossen werden.

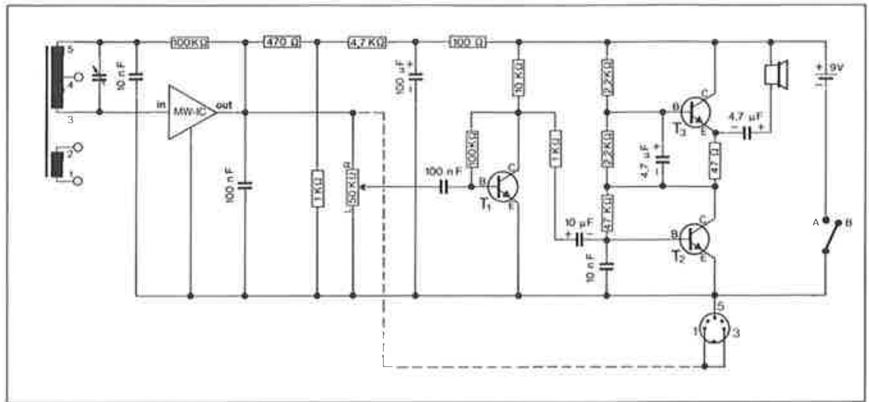


Abb. 61a

Abb. 61

Kurzwellen (KW)-Radio

Kurzwellen haben eine wesentlich größere Reichweite als Mittelwellen, weil Kurzwellen in der Erdatmosphäre zurückreflektiert werden. Mit einem Kurzwellen-Empfänger ist es mitunter möglich (vor allem abends nach Einbruch der Dunkelheit), Sender aus anderen Kontinenten zu hören. Auch ein großer Teil des internationalen Funkverkehrs (Sprechverkehr und Morsezeichen) werden auf Kurzwellen gesendet. So können z. B. Morsezeichen auch über große Entfernungen noch empfangen werden, wenn die Sprache aufgrund von Störungen nicht mehr verständlich ist.

Mit unserem Electronic-Studio können wir einen einfachen Kurzwellen-Empfänger gem. Aufbauplan 62 aufbauen. Wir sollten wieder darauf achten, daß alle Verbindungskabel so kurz als möglich verwendet werden.

Um den Schwingkreis auf Kurzwellen abzustimmen, müssen wir uns die Ferritantenne (ähnlich wie beim früheren Langwellen-Versuch) selbst wickeln. Während beim Langwellen-Versuch 300 Windungen notwendig waren, benötigen wir für unsere Kurzwellen-Antenne 2 Spulen mit nur wenigen Windungen. Wir verwenden hierfür einen grauen Drahtabschnitt und bringen 8 Windungen direkt auf den Ferritstab. Mit Tesafilm ankleben. Direkt daneben machen wir aus einem braunem Drahtabschnitt 4 Windungen. Ebenfalls mit Tesafilm ankleben, damit die Spulen eng gewikkelt bleiben. Aus dem Aufbauplan 62 sehen wir, an welchen Kontaktstellen die Spulen mit 8 bzw. 4 Windungen anzuschließen sind. An einem Ende der braunen Drahtwicklung schließen wir eine Zimmerantenne (möglichst langen Draht, z. B. rotes Kabel) an.

Lautstärkeregelung und Sendersuche werden in gleicher Weise wie bei den Mittelwellen-Radios vorgenommen. Da im Kurzwellen-Bereich jedoch sehr viele Sender dicht nebeneinanderliegen, sollte der Drehkondensator nur sehr langsam bewegt werden.

Bei sehr schwachen Sendern ergibt sich eine Empfangsverbesserung, wenn wir das zum Drehko führende braune Kabelende an dem 1 KΩ Widerstand anschließen. Siehe punktierte Linie im Aufbauplan 62. Je nach Lage der Sender ergibt sich auch eine Empfangsverbesserung, wenn z. B. überhaupt kein Erdanschluß oder nur eine verkürzte Antenne verwendet wird.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Drehkondensator stellt zusammen mit der selbstgewickelten Spule (8 Windungen) wieder einen Schwingkreis dar. Der Kurzwellenempfangsbereich wird durch die 8 Windungen unserer selbstgewickelten Antenne festgelegt. (Bei Mittelwelle benötigen wir ca. 60 Windungen und bei Langwelle 300 Windungen). Mit den Widerständen 10 K Ω und 22 K Ω wird der Tran-

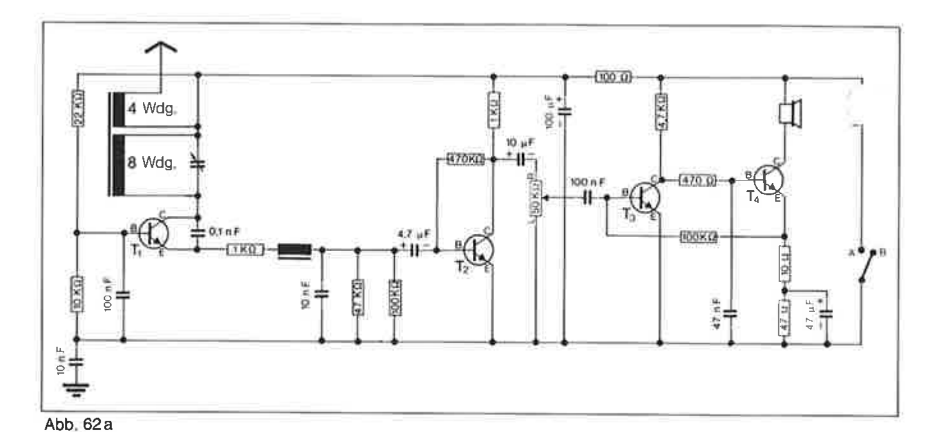


Abb. 62 a

Abb. 62

sistor T 1 in seinen Arbeitspunkt gebracht. Der Transistor T 1 wird durch den Schwingkreis zum Schwingen angeregt, wodurch eine große Verstärkung erzielt wird. Gleichzeitig übernimmt T 1 die Demodulation, als zusätzliche Dioden-Funktion. Die Drosselspule trennt die HF von der NF, die von den Transistoren T 2, T 3 und T 4 weiter verstärkt wird.

Ganz allgemein ist die Tonqualität beim Kurzwellenempfang nicht besonders gut. Aufgrund kosmischer Störungen werden entfernt liegende Sender durch Knacken und Pfeifgeräusche gestört. Durch atmosphärischer Bedingungen ist es auch möglich, daß entfernte Stationen aus dem eingestellten Bereich „weglaufen", d. h., daß sie leiser und dann wieder lauter werden.

Abhilfe und eine wesentliche Verbesserung der Lautstärke bringt der NF-Baustein aus dem Ergänzungskasten „IC-Verstärker-Technik 2072". Dieser Zusatzkasten bringt bei allen Rundfunk-Empfängerschaltungen Power und eine hervorragende Klangqualität.

Der zusätzliche Aufbauplan 63 zeigt, wie wir unser Kurzwellen-Radio mit dem speziellen IC-Verstärker erheblich verbessern können. Zweckmäßigerweise wird man getrennte Batterien oder eine Batterie und das BUSCH-Netzgerät 2059 verwenden, um unerwünschte Rückkopplung auszuschließen.

Amplitudenmodulation – Frequenzmodulation?

Wir haben schon eine ganze Menge über die Möglichkeiten des Sendens und Empfangens von Rundfunkwellen gelernt. Bei allen Radiosignalen, die wir mit den bis jetzt gebauten Geräten empfangen haben, war die NF (also das niederfrequente Tonsignal) auf die HF aufmoduliert. Die Größe der HF-Schwingungen wurde im Takt der NF größer oder kleiner. Dieses Verfahren nennt man Amplitudenmodulation (Amplitude = Größe einer Schwingung).

Eine völlig andere Technik verwenden die UKW-Sender, die im Ultra-Kurz-Wellenbereich arbeiten. UKW-Sender modulieren nicht die Größe der HF-Schwingungen, sondern sie modulieren die Frequenz. Die Abgestrahlte HF eines UKW-Senders ist nicht konstant. Sie wird im Takt der NF länger oder kürzer. Es ergibt sich also eine gewisse Sendefrequenz-Änderung, die vom Fachmann als „Frequenzhub" bezeichnet wird. Die Frequenzänderung der UKW-Station hat den Nachteil, daß sich eine erheblich größere Frequenzbreite gegenüber amplituden-modulierenden Sendern ergibt (die Sender sind auf der Skala eines Rundfunkempfängers weiter auseinandergezogen). Da jedoch die Reichweite der UKW-Sender nicht sehr groß ist, können mehrere UKW-Sender auf der gleichen Frequenz (Wellenlänge) senden, ohne sich gegenseitig zu stören, wenn Sie räumlich weit genug voneinander entfernt sind.

Die Frequenzmodulation hat jedoch den Vorteil, daß Störgeräusche wesentlich besser unterdrückt werden. Deshalb können wir bei guten UKW-Empfängern einen besonders klaren und reinen Empfang feststellen.

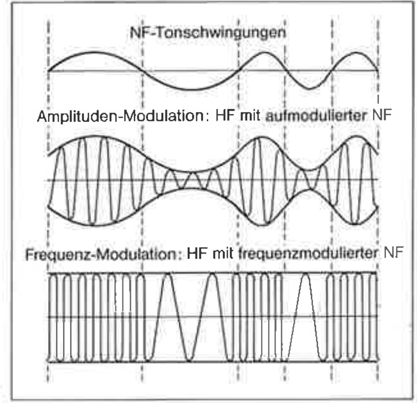


Abb. 64

Abb. 63

UKW-Radio

Der Aufbau eines UKW-Radios ist wesentlich kritischer und sorgfältiger vorzunehmen, als der Aufbau eines Mittelwellen-Empfängers. Durch die hohe Sendefrequenz (87,5 - 100 MHz) benötigt der auf den UKW-Empfang abgestimmte Schwingkreis eine Spule mit wenigen Windungen und einen Kondensator mit sehr geringer Kapazität.

Für die Abstimmung des Schwingkreises verwenden wir wieder den Drehkondensator. Dieser hat jedoch für den UKW-Empfang eine viel zu große Kapazität. Daher müssen wir den Drehkondensator in Reihe mit dem 10 pF-Kondensator schalten. Aus dem Kapitel „Reihenschaltung von Kondensatoren" wissen wir, daß hierdurch die Kapazität kleiner als 10 pF wird.

Die Antennenspule stellen wir uns wieder selbst her. Hierfür entfernen wir von einem grauen Drahtabschnitt die Kunststoffisolierung. Alsdann bringen wir zunächst 9 Windungen direkt auf den Ferritstab (ohne Papphülse). Die einzelnen Windungen sollen einen geringen Abstand von ca. 5 mm haben. Da sich die Windungen in keinem Fall gegenseitig berühren dürfen, fixieren wir die Wicklung mit Tesafilm. Damit haben wir die erste Antennenspule fertiggestellt.

Für den UKW-Empfang benötigen wir jedoch eine zweite Spule, die gem. Abbildung direkt auf die blanken Drahtwicklungen der ersten Spule kommt. Wir verwenden einen isolierten braunen Drahtabschnitt (Isolierung nicht entfernen) und bringen 4 Windungen an.

Die 4 Drahtenden der beiden Spulen müssen nun soweit gekürzt werden, daß sie gerade noch zu den aus dem Aufbauplan ersichtlichen Kontaktpunkten reichen.

Der Aufbau des Empfangsteils ist insofern kritisch, weil auch die Verbindungsleitungen zu den Kondensatoren, Spulen und zum Transistor T 1 als zusätzliche (unerwünschte) Kondensatoren und Spulen wirken. Hierdurch kann die Empfangsfrequenz beeinflußt werden. Auch der menschliche Körper oder in der Nähe der Schaltung befindliche Metallgegenstände können Einfluß auf die Empfangseigenschaften nehmen. Es ist daher besonders wichtig, daß im linken Schaltungsteil alle Verbindungsleitungen so kurz als möglich sind. Die Leitungen sollten außerdem so verlegt werden, wie dies im Aufbauplan eingezeichnet ist.

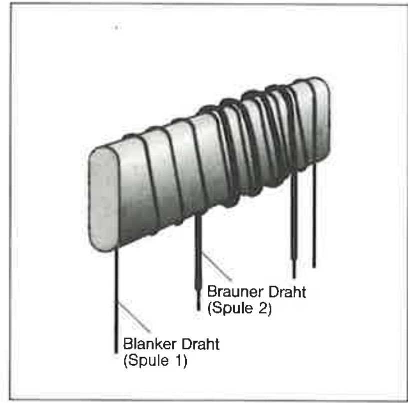


Abb. 65 a

Wenn wir den sorgältigen Aufbau abgeschlossen haben, nehmen wir unser UKW-Radio wie üblich mit dem Schiebeschalter in Betrieb. Das Potentiometer beeinflußt die Empfangsbedingungen, es dient also nicht, wie sonst üblich, zur Lautstärkeregelung. Deshalb muß das Potentiometer zunächst so eingestellt werden, daß im Ohrhörer ein möglichst lautes Rauschen zu hören ist. Nun wird mit dem Drehkondensator ein Sender gesucht. Beim ersten Empfangsversuch müssen wir mit Tonverzerrungen rechnen. Mit dem Potentiometer wird jetzt vorsichtig der Sender richti[illegible] gestellt. Wir arbeiten also abwechseln[illegible] Drehko und Poti.

Sollte bei ungünstiger Empfangslage kein Sender gefunden werden, sind die Antennenspulen zu ändern. Wir wickeln als Spule 1 (abisolierter blanker Draht) nur 4 Windungen und als Spule 2 (isolierter brauner Draht) nur 2 Windungen auf den Ferritstab. Die zu lang überstehenden Drantenden wieder entsprechend kürzen.

Abb. 65

Empfangsverbesserungen können auch mit einer sogenannten Dipolantenne erzielt werden. Hierfür verwenden wir das braun-gelbe Kabel, indem wir die Kabelenden auf einer Länge von ca. 75 cm auseinanderziehen (siehe Abbildung). Mit Tesafilm können wir die nach beiden Seiten auseinanderzeigenden Kabelenden an einem Schrank oder einer Tür befestigen. Das vom Dipol verbleibende Antennenkabel wird an den Kontaktstellen 1 und 2 des Bausteins angeschlossen, mit welchem auch die Antennenspule 2 bereits verbunden ist (siehe punktierte Linien im Aufbauplan). In diesem Fall müssen jedoch die Verbindungsleitungen von der Kontaktstelle 1 zum 47 µF-Elko und von der Kontaktstelle 2 zum 4,7 µF-Elko entfernt werden.

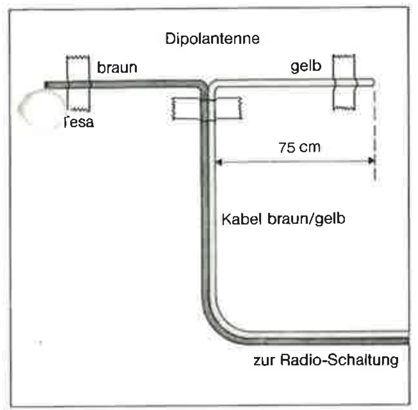


Abb. 65 b

Um einen optimalen Empfang zu erreichen, wird es erforderlich sein, etwas zu experimentieren. Wir sehen, daß der UKW-Empfang wesentlich schwieriger ist als bei der Mittelwelle.

Bei den industriell gefertigten UKW-Radios wird der Empfangsteil wesentlich aufwendiger hergestellt. Dort werden zusätzliche Spulen mit der Möglichkeit der Induktivitätsänderung und zusätzliche Drehkondensatoren eingesetzt. Mit komplizierten Meßgeräten wird bei jedem einzelnen Gerät eine optimale Abstimmung durchgeführt. Der Fachmann sagt „Abgleichung". Um äußerliche Einflüsse abzuschirmen, werden die UKW-Empfangsteile zusätzlich in Metallgehäuse eingebaut. Ein solcher Aufwand würde unseren Experimentierbaukasten erheblich verteuern.

Wie funktioniert unsere Schaltung?

Die Senderfrequenz wird mit der Spule 1, dem Drehko und dem 10 pF-Kondensator herausgefiltert. (pF ist die Abkürzung von piko-Farad. 10 pF sind gleichbedeutend mit 0,01 nF oder 0,00001 µF). Der 1 nF-Kondensator regt den Transistor T 1 zum Schwingen an. Diese erzeugten Schwingungen liegen oberhalb unseres Hörbereichs. Über den 47 Ω Widerstand und das Poti kann das Schwingen beeinflußt werden.

Im Ohrhörer sind diese Schwingungen als Rauschen zu hören. Das vom Abstimmkreis empfangene HF-Signal überlagert sich mit den vom Transistor T 1 erzeugten Schwingungen. Die Überlagerungen beeinflussen jedoch ebenfalls die von T 1 erzeugten Schwingungen und der durch den Transistor T 1 fließende Strom ändert sich im Takt des frequenzmodulierten Empfangsignals. Diese Stromschwankungen erzeugen am 470 Ω Widerstand entsprechende Spannungsschwankungen, die über die Drosselspule an die Basis von T 2 gelangen. Sie werden dort weiter verstärkt und schließlich im Ohrhörer hörbar gemacht. Der im Schaltplan mit „Siebkette" bezeichnete Schaltungsteil hat die Aufgabe die vom Transistor T 1 und dem 1 nF-Kondensator erzeugten Schwingungen auszusieben. Dennoch verbleibt ein gewisses Rauschen, je nachdem ob wir einen schwachen oder starken Sender eingestellt haben.

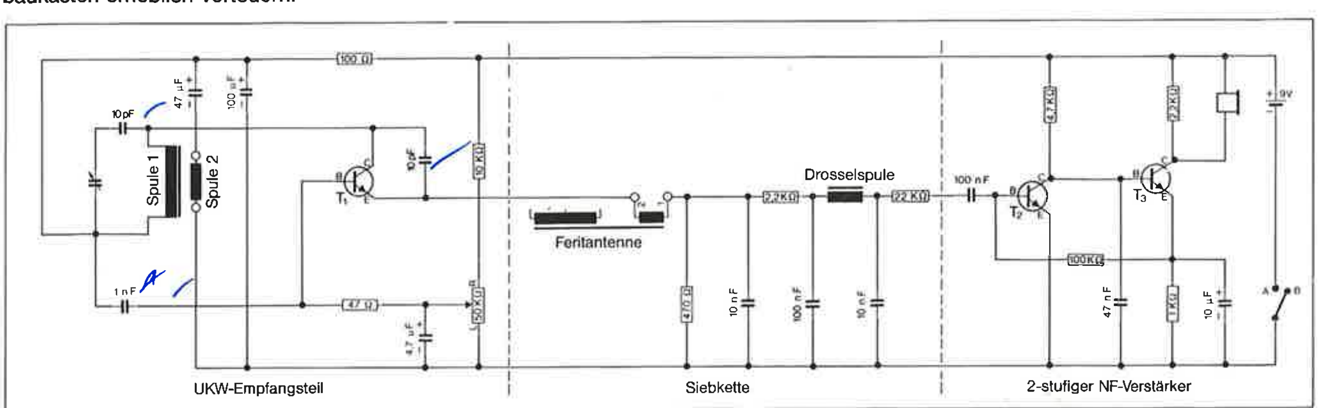


Abb. 65 c

Trennscharfes MW-Radio mit IC-Verstärker

Wenn wir den Zusatzkasten „IC-Verstärkertechnik 2072" besitzen, können wir ein MW-Radio mit hervorragenden Empfangseigenschaften und sehr guter Tonqualität aufbauen.

Sobald wir die Schaltung dem Aufbauplan entsprechend fertiggestellt haben, können wir das Potentiometer auf dem IC-Verstärker-Baustein so einjustieren, daß keine Pfeifgeräusche entstehen. Nur in sehr ungünstigen Empfangsgebieten werden wir eine Zusatzantenne benötigen.

Die vom Radio-IC vorverstärkten Tonsignale werden, vom Transistor T 1 weiter verstärkt und an den IC-Verstärker-Baustein weitergegeben. Der dort vorhandene NF-Leistungsverstärker sorgt abschließend für eine weitere Tonverstärkung, die es uns auch ermöglicht, anstelle des im Armaturenboard eingebauten Lautsprechers eine größere Lautsprecherbox zu betreiben.

Wir können auch den Eingangsteil des Empfängers entspechend dem Aufbauplan des Langwellen-Radios abändern, um auf diese Weise einen LW-Empfänger mit IC-Verstärker zu betreiben.

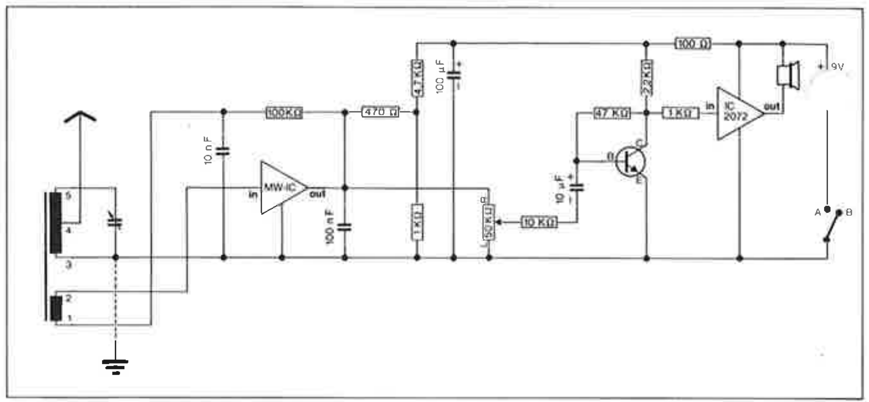


Abb. 66 a

Abb. 66

Energieübertragung durch NF und HF (Senderversuch)

Mit den vorangegangenen Versuchen haben wir verschiedene Arten von Rundfunkempfängern kennengelernt. Das jetzt folgende Experiment wird uns beweisen, daß sich niederfrequente Schwingungen wesentlich schlechter als hochfrequente Schwingungen ausbreiten.

Die Schaltung gemäß Abbildung 67 stellt einen kleinen Sender dar, welcher sowohl NF-, als auch HF-Frequenzen auf kurze Entfernung abstrahlen kann. Nach dem Einschalten erzeugt unser Gerät nicht hörbare HF-Schwingungen (solange die Taste nicht gedrückt ist). Es werden NF-Schwingungen im Tonbereich erzeugt solange die Taste gedrückt wird. Als Beweis hören wir die NF als 2,5 kHz-Ton aus dem Lautsprecher.

Der Schaltplan 127a zeigt deutlich, daß unsere Schaltung aus zwei getrennten Teilen besteht:

1. Der kombinierte HF-NF-Tongenerator als Sender
2. Ein einfacher Detektor-Empfänger, welcher anstelle eines Ohrhörers das Meßinstrument beinhaltet.

Damit der Tongenerator die abzustrahlenden Schwingungen senden kann, benötigen wir eine Antennenspule. Diese fertigen wir selbst an, indem wir ca. 2 m isolierten Draht über eine fingerdicke Kartonhülse wickeln und die Wicklung mit Tesa-Film, bzw. Bindfaden auf der Hülse befestigen. Die beiden abisolierten Enden der selbstgemachten Spule führen wir, wie aus dem Schaltplan ersichtlich, zum Lautsprecher und zum Collector des Transistors T 2. Unsere Sendespule wird stirnseitig in die Nähe der Ferritantenne gebracht (parallel zur Ferritantenne, also nicht querhalten).

Bei nichtgedrückter Taste empfängt unser Detektor die abgestrahlte HF, was durch einen Zeigerausschlag am Meßinstrument ersichtlich ist. Senden wir bei gedrückter Taste NF-Schwingungen, ist am Instrument kaum ein Zeigerausschlag festzustellen. Jetzt stellen wir ein Kofferradio mit UKW-Empfang direkt neben unsere Schaltung. Der UKW-Empfänger ist eingeschaltet, es wird jedoch kein Sender eingestellt. Bei nichtgedrückter Taste bringt das Meßinstrument einen Ausschlag, wobei im Kofferradio die abgestrahlte HF ein Rauschen verursacht. Da unser Sender sehr schwach ist, können wir dieses sogenannte Störungsrauschen nur direkt neben unserer Schaltung empfangen. Mit diesem Experiment konnten wir eindeutig feststellen, daß HF-Schwingungen besser abgestrahlt werden als niederfrequente (NF-)-Schwingungen.

Eine detaillierte Schaltungsbeschreibung ist nicht notwendig, da unser Tongenerator nach dem bekannten Hysterese-Prinzip arbeitet, und mit dem Detektor-Empfänger bereits mehrere Schaltungen durchgeführt wurden.

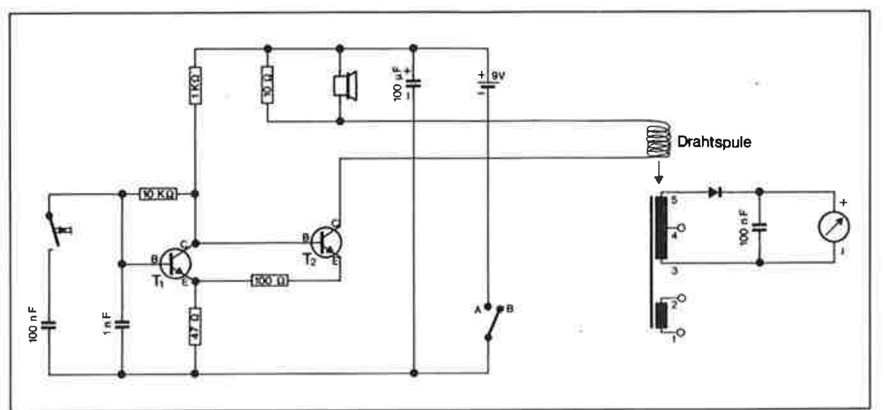
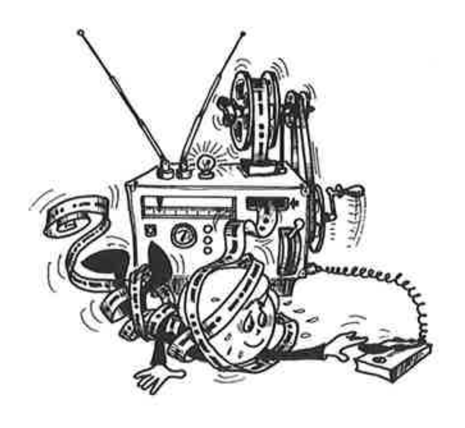


Abb. 67a

Abb. 67

Morsesender mit Ohrhörer-Empfänger

Das Gerät nach Abbildung 68 stellt eine kleine Sende- und Empfangsschaltung dar. Die im vorangegangenen Versuch verwendete Sendeantenne wird wieder parallel in die Nähe der Ferritantenne gehalten. Wenn wir die Taste drücken, strahlt die Antennenspule HF-Schwingungen mit aufmodulierten NF-Tonsignalen ab, die wir mit dem Detektor empfangen und im Ohrhörer hören können. Wir können jetzt Morsesignale senden und über kurze Distanz empfangen. Auch mit einem neben der Schaltung stehenden Kofferradio können wir die Morsesignale auf Mittelwelle über eine Entfernung von maximal 1-2 m empfangen.



Mittelwellen-Morsesender

Achtung! Wir müssen darauf aufmerksam machen, daß in der Bundesrepublik Deutschland der Bau und die Inbetriebnahme eines nichtgenehmigten Senders streng verboten ist. Dieser Versuch darf daher nur in Ländern ausgeführt werden, in welchem kein Verstoß gegen die bestehenden Bestimmungen erfolgt.

Unser Mittelwellen-Sender hat im Freien eine Reichweite von ca. 20 m, und er überbrückt in geschlossenen Räumen gerade die Entfernung zwischen 2 bis 3 Zimmern. Wir können den Sender also nur im freien Gelände oder im eigenen Haus erproben, damit in keinem Fall neben, über oder unter

Wie funktioniert diese Schaltung?

Die Transistoren T 3 und T 4 stellen, gemäß Schaltplan 68a, einen HF-Generator dar. Die Transistoren T 1 und T 2 bilden einen NF-Generator. Durch die Verkopplung des NF- mit dem HF-Generator über den 1 kΩ Widerstand wird erreicht, daß der HF-Generator im Takt des NF-Generators immer ein- und ausgeht. Man sagt der HF-Generator wird vom NF-Generator aus- und eingetastet.

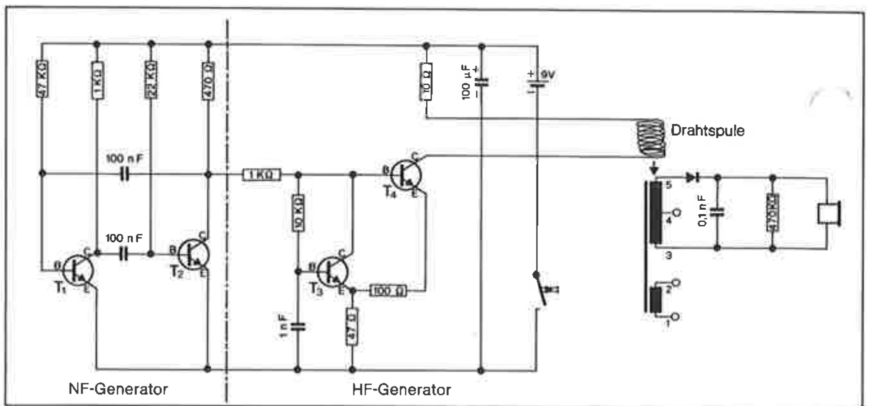


Abb. 68a

Abb. 68

uns wohnenden Nachbarn das Rundfunkprogramm gestört wird.

Der Morsesender, gemäß Aufbauplan 69, arbeitet in Schiebeschalterstellung A auf einer Mittelwellen-Frequenz von ca. 800 kHz. Durch die Oberwellen-Bildung im HF-Oszillator ergeben sich Störungen bei allen höheren Frequenzen, die ein ganzzahliges Vielfaches dieser Oszillator-Frequenz sind. Schwingt der Oszillator z. B. auf 800 kHz, dann sind Störungen bei 1.600 kHz, 2.400 kHz, 3.200 kHz usw. zu erwarten. Diese Störungen sind im Prinzip aber so gering, daß sie bereits durch wenige Zimmer hindurch auch mit einem hochempfindlichen Radiogerät nicht mehr festzustellen sind. Der Mittelwellensender sendet einen konstanten HF-Träger, auf den bei Tastendruck eine Niederfrequenz aufmoduliert wird. Die mit dem Taster ausgelösten Morsesignale sind in einem auf 800 kHz eingestellten Mittelwellen-Radio über kurze Distanz zu empfangen.

Wie funktioniert diese Schaltung ?

Gemäß Schaltplan 69a stellt der Transistor T 1 den HF-Oszillator dar. T 1 wird durch den 100 kΩ Widerstand (zwischen Collector und Basis) in den Arbeitspunkt gebracht. Die Ferritantenne stellt in Verbindung mit den 0,1 nF und 1 nF Kondensatoren einen Schwingkreis dar, der die Sendefrequenz bestimmt. Die an der Drosselspule abfallende Wechselspannung (am Collektor des T 1) wird zwischen die beiden Kondensatoren in den Schwingkreis eingekoppelt. Der Transistor selbst wird über seinen Emitter angesteuert, der mit der kleinen Sekundärwicklung der Ferrit-Antenne verbunden ist. Kleine Spannungsänderungen am Emitter bewirken große Spannungsänderungen am Collektor, die wiederum Spannungsänderungen am Emitter erzeugen. Diese Rückkopplung bewirkt, daß der Oszillator schwingt. Die Transistoren T 2 und T 3 stellen in Verbindung mit den zusätzlichen Bauelementen einen Ton-Multivibrator dar. Bei gedrückter Taste gelangt die NF-Wechselspannung vom Collector des Transistors T 2 über den 2,2 kΩ Widerstand und 47 nF Kondensator an die Basis von T 1. Die NF-Wechselspannung verändert somit ständig den Arbeitspunkt von T 1, d. h. die NF wird mit der HF moduliert und über die Antennenspule der Ferritantenne abgestrahlt.

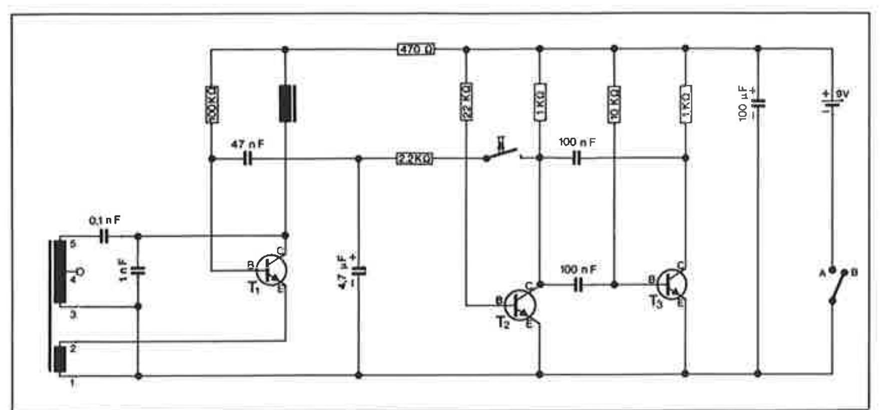
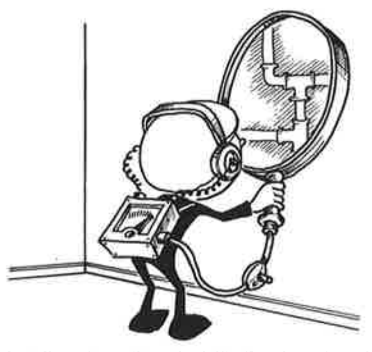


Abb. 69a

Abb. 69

Metallsuchgerät (Induktiver Abstandsmesser)



Metallsuchgeräte sind für Bauhandwerker (besonders bei Reparaturarbeiten) ein wichtiges Hilfsmittel, um z. B. unter Putz liegende Rohrleitungen aufzufinden. Im Krieg werden derartige induktive Abstandsmesser z. B. auch als Minensuchgeräte eingesetzt.

Das gemäß Aufbauplan 70 erstellte Gerät wird in Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen. Zunächst wird das Meßinstrument durch vorsichtiges Drehen am Drehko auf fast Vollausschlag eingestellt. Nähern wir jetzt einen metallischen Gegenstand der Ferritantenne, zeigt das Meßinstrument durch verringerten Zeigerausschlag die Annäherung an. Der Ausschlag verringert sich um so mehr, je näher und je größer der Metallgegenstand ist. Wenn wir die drei zur Ferritantenne führenden Kabel verlängern, können wir die Antenne als „Sucher" verwenden und Rohrleitungen (die nicht zu tief in der Wand versteckt sind) auffinden. So ist es recht interessant, einmal festzustellen, wo Heizungsrohre oder Wasserleitungen in unserer Wohnung verlaufen. Diese Schaltung kann uns auch gute Dienste leisten, um rechtzeitig versteckte Leitungen zu orten, bevor wir mit der Bohrmaschine größere Löcher in der Wand anbringen, um z.Bsp. Dübel zu befestigen.

Wie funktioniert diese Schaltung?

In dieser Schaltung stellt der Transistor einen HF-Oszillator dar, welcher als Langwellen-Sender mit ca. 250 kHz arbeitet. Der Emitter des Transistors führt über die kleine Antennenspule (Kontaktstellen 1 und 2) zum Schwingkreis (siehe auch Schaltplan 70a). Zwischen den Kontaktstellen 3 und 5 der Ferritantenne ergibt sich eine hochtransformierte Spannung, die über den Drehkondensator an die Basis des Transistors gelangt, wodurch die gewünschte Rückkopplung entsteht. Die Ferritantenne strahlt somit eine hochfrequente Energie ab. Angenäherte metallische Gegenstände absorbieren einen großen Teil dieser Energieabstrahlung, wodurch die Basis des Transistors eine verringerte Ansteuerung erhält. Damit verringert sich auch die Spannung am Collector-Stromkreis, was wiederum durch den verringerten Zeigerausschlag des Instruments angezeigt wird.

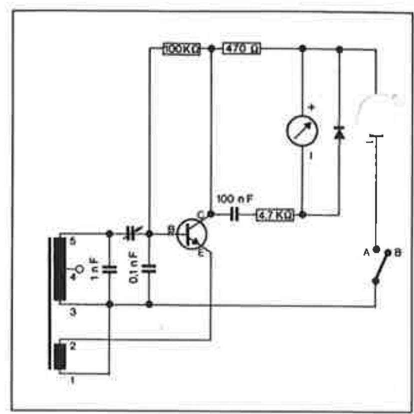


Abb. 70 a

Abb. 70

Induktiver Annäherungsschalter

Dieser Versuch gemäß Aufbauplan 71 stellt eine Weiterentwicklung des Metallsuchgerätes dar. Derartige induktive Schalter werden z. B. in der Maschinen-Steuerungstechnik als Ersatz für mechanische Schalter eingesetzt.



Nach dem Einschalten wird der Drehkondensator (bitte langsam drehen) so eingesellt, daß die LED gerade noch leuchtet. Kommen metallische Gegenstände in die Nähe der Ferritantenne geht die LED aus. Die Lampe leuchtet als Warnsignal auf.

Wie funktioniert diese Schaltung ?

Die punktierte Linie im Schaltplan 71a zeigt uns, wie der gleiche induktive Abstandsmesser des vorangegangenen Metallsuchgeräts mit einer Ein-Aus-Kippstufe kombiniert wurde. Solange keine Metallannäherung an der Ferritantenne erfolgt, schwingt die aus dem Transistor T 1 bestehende HF-Oszillator-Schaltung. Bei schwingendem Oszillator gelangt vom Collector des Transistors T 1 über den 10 nF-Kondensator eine Wechselspannung an die Diode, die gleichgerichtet wird und über den 2,2 kΩ Widerstand den Transistor T 2 durchschaltet. Die LED leuchtet. Reißen die Schwingungen von T 1 ab, dann sperrt auch T 2 und macht T 3 leitend: Die Lampe leuchtet.

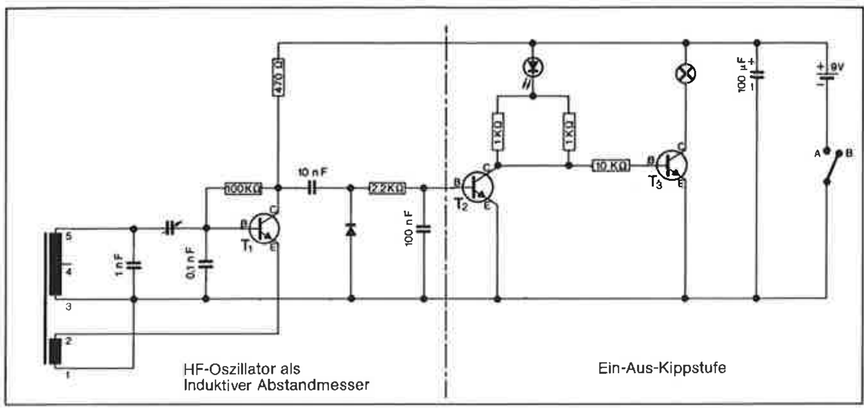


Abb. 71a

Abb. 71

Kapazitiver Abstandsmesser

Mit diesem elektronischen Abstandsmessgerät wird demonstriert, daß es möglich ist, die Annäherung und den Abstand eines Körpers mit elektrisch leitender Oberfläche (z. B. Mensch oder Tier) zu registrieren.

Unser Gerät, gemäß Aufbauplan 72, wird in Schiebeschalterstellung A in Betrieb genommen. Vom Kontaktpunkt 5 der Ferritantenne und vom 100 kΩ Widerstand führen Leitungen zu je einer Alu-Folie, welche durch Schaumstoff (Styropor) voneinander isoliert sind. Dieses Plattenpaket stellt einen Kondensator dar, welcher eine gewisse Kapazität haben muß. Diese Kapazität ergibt sich aus der Größe der Alu-Folien (Staniol-Folien einer Schokoladen- oder Zigaretten-Packung) und der Dicke der Isolierschicht. Bei einer 5 mm dicken Isolierung ergibt sich eine Foliengröße von ca. 10x10 cm. Bei 15 mm Isolierung ist eine ungefähre Plattengröße mit 10x15 cm angebracht. Wir können auch größere Alufolien ohne Isolierschicht nebeneinander auf den Fußboden legen und mit der Schaltung verbinden. Gegebenenfalls müssen wir die Plattengröße und die zur Verwendung kommenden Isolierschicht durch Versuche ermitteln.

Mit dem Drehko wird die Schaltung so eingepegelt, daß der Zeiger des Meßinstruments gerade auf „0" steht. (Ist die Regelung nicht möglich, stimmt das vorher erwähnte Verhältnis der Alufolien zur Isolierschicht-Dicke nicht überein). Nähern wir uns jetzt z. B. mit der Hand dem Plattenpaket, schlägt das Meßinstrument aus. Bei der größten Annäherung wird auch der stärkste Zeigerausschlag erfolgen.



Wie funktioniert diese Schaltung?

Unsere Schaltung 72a stellt wieder einen HF-Oszillator dar. Allerdings haben wir dieses Mal mit dem Drehko die HF-Energie (Rückkopplung) an der Basis des Transistors so weit abgeschwächt, daß der Oszillator (Transistor) nicht mehr schwingen kann. Bei einer Körperannäherung wird die Kapazität unseres Plattenpakets (welches als Kondensator wirkt) vergrößert. Eine vergrößerte Kapazität vergrößert auch die HF-Energie an der Basis des Transistors. Der Transistor wird leitend und schwingt, je nach Kapazitätsvergrößerung, stärker oder schwächer, was am Meßinstrument durch stärkeren oder geringeren Zeigerausschlag festgestellt werden kann.

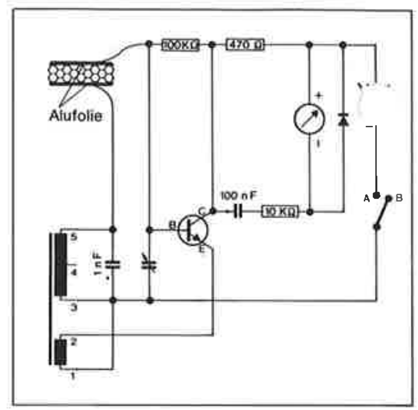


Abb. 72a

Abb. 72

Kapazitiver Schalter

Kapazitive Schalter sind Elemente, die ohne Berührung, sondern lediglich bei einer gewissen Annäherung einen Schaltvorgang auslösen. Es wird das gleiche Prinzip der Kapazitätsvergrößerung, wie beim vorangegangenen Versuch, angewandt. Wir können das gleiche Plattenpaket erneut verwenden. Wir können aber auch an einem schmalen Gang oder an einer Tür eine sogenannte kapazitive Schranke aufbauen, indem wir je 1 Alu-Platte (mit Isolierung auf der Unterseite) jeweils links und rechts z. B. an einer Tür anbringen (der Tür-Rahmen sollte hierfür aus Holz und nicht aus Metall bestehen). Läuft jetzt eine Person zwischen den Alu-Platten hindurch, vergrößert sich die Kapazität und der Schalter spricht an. Auch ein Füllstandmelder, welcher durch die Behälterwand hindurchwirken kann, ist auf diese Weise möglich, sofern der Behälter nicht leitend ist (d. h. Metallbehälter sind nicht geeignet).

Das Alu-Folienpaket (oder bei einer kapazitiven Schranke die einzelnen Alu-Folienplatten) werden, wie aus dem Aufbauplan 73 ersichtlich, am 1 nF Kondensator und am Drehko angeschlossen. Nach dem Einschalten unseres Geräts stellen wir den Drehko so ein, daß das Lämpchen gerade noch leuchtet. Sobald sich ein Körper nähert, geht die Lampe aus und die LED an.

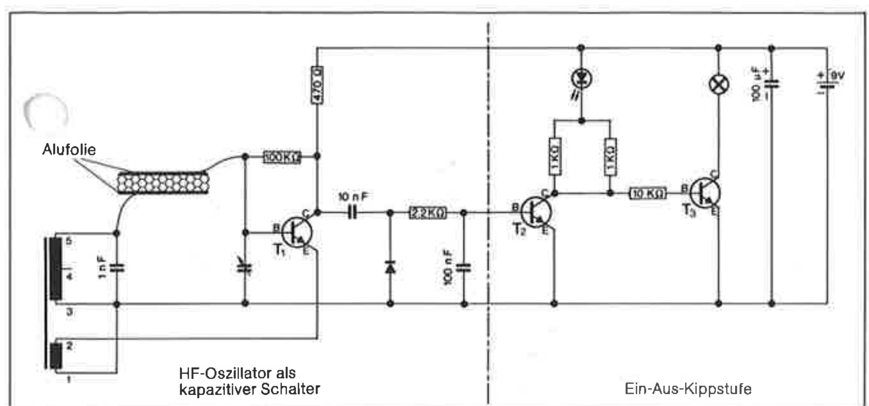


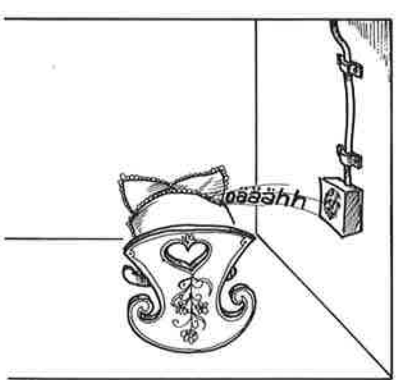
Abb. 73 a

Wie funktioniert diese Schaltung?

Der Schaltplan 73 a zeigt uns, daß der linke HF-Oszillatorteil weitgehend identisch mit dem Schaltplan 72 a ist. Der rechte Schaltungsteil stellt wieder eine Ein-Aus-Kippstufe (monostabile Kippstufe) dar. Bei einer Annäherung (Kapazitätsvergrößerung) beginnt der Transistor T 1 zu schwingen. T 2 schaltet durch, die LED leuchtet und T 3 wird gesperrt. Die Lampe geht aus. Bei einer Abstandsvergrößerung vermindert sich die Kapazität. T 1 schwingt nicht mehr, T 2 wird gesperrt, die LED geht aus. T 3 schaltet durch und die Lampe brennt. Soll bei einer Annäherung ein Alarm ausgelöst werden, müssen wir die Schaltung auf „Selbsthaltung" umbauen. Hierzu wird der 470 Ω Widerstand nicht am Pluspol der Batterie, sondern am Collector von T 3 angeschlossen. Brennt die Lampe, dann entzieht T 3 dem Oszillator T 1 die Betriebsspannung, und dieser kann auch weiterhin nicht schwingen. Damit wir die Schaltung rücksetzen können, müssen wir noch eine Taste parallel zur Basis-Emitter-Strecke von T 3 anschließen. Drückt man die Taste, wird T 3 stromlos. T 1 bekommt über die Lampe Betriebsspannung und kann schwingen. In diesem Fall schaltet T 2 durch und T 3 bleibt weiterhin gesperrt. Erst wenn die Schwingung von T 1 wieder abreißt, sperrt T 2. T 3 schaltet durch und bleibt in Selbsthaltung.

Abb. 73





Einfache Abhöranlage mit 2-stufigem NF-Verstärker

Die Abhöranlage, gemäß Aufbauplan 74, können wir z. B. als „Baby-Sitter" einsetzen, um den Schlafraum eines Kindes zu überwachen. Wir können auch Gespräche mithören, die in einem anderen Raum geführt werden. Der Lautsprecher wird als Mikrofon verwendet. Er wird durch eine verlängerte Leitung im „Abhörraum" installiert. Unser Gerät ist in Schiebeschalterstellung A übertragungsbereit. Im Ohrhörer können wir die vom Mikrofon eingefangenen Geräusche mithören.

Wie funktioniert diese Schaltung?

Bei dem als Mikrofon eingesetzten Lautsprecher wird die von Schallschwingungen getroffene Membrane bewegt. Die Lautsprecher-Membrane ist mit einer Drahtspule gekoppelt, die sich (durch die Schallschwingungen) ebenfalls in einem, von einem Dauermagneten erzeugten Magnetfeld bewegt. Diese Bewegungen erzeugen in der Lautsprecherspule eine zwischen positiv und negativ wechselnde Spannung. Diese Wechselspannung wird am 4,7 µF Elko (siehe Schaltplan 74a) gleichgerichtet, d. h., daß an der Basis des Transistors T 1 eine schwankende Gleichspannung entsteht. T 1 wird im Takt dieser NF-Spannungsschwingungen leitend und gibt die verstärkten Spannungsimpulse über den 2,2 kΩ Widerstand an Transistor T 2 weiter.

Die jetzt nochmals verstärkten Signale sind im Ohrhörer laut und deutlich zu hören. Dieser NF-Verstärker arbeitet nach dem gleichen Prinzip, wie wir dieses bei den Radio-Schaltungen kennengelernt haben.

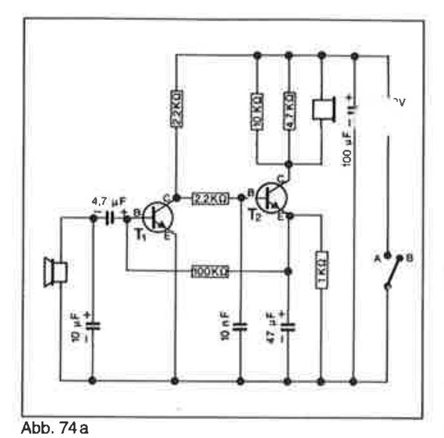
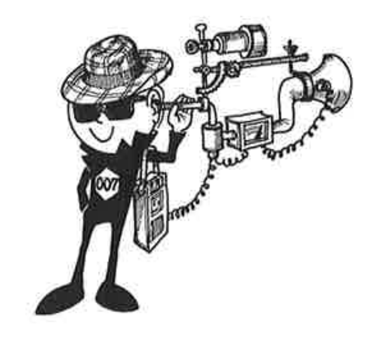


Abb. 74a

Abb. 74



Hochempfindliche Abhöranlage (Spionage-Mithörgerät)

Schon öfters haben wir davon gehört, daß Detektive oder Spione mit hochempfindlichen Abhöranlagen Gespräche belauschen, und die dabei entstandenen Tonbandaufnahmen ihrem Auftraggeber weiterleiten.
Die Geräteschaltung, gemäß Aufbauplan 75 , ergibt eine derartige, hochempfindliche Abhöranlage. Der 3-stufige NF-Verstärker erbringt ein Vielfaches der Verstärkung gegenüber der vorangegangenen Schaltung. Daher ist es möglich, auch sehr leise Geräusche, selbst Stimmengeflüster, in einen anderen Raum zu übertragen und dort abzuhören. Die Rücksichtnahme unseren Mitbewohnern gegenüber wird es uns allerdings verbieten, Gespräche zu belauschen, die nicht für unsere Ohren bestimmt sind.
Beim Aufbau der Schaltung ist zu beachten, daß für den Transistor T 1 nicht der bei früheren Versuchen mit einem „R" bezeichnete Rausch-Transistor verwendet wird. Unser Gerät ist in Schiebeschalterstellung A übertragungsbereit. Die Empfindlichkeit der Verstärkerschaltung kann am Potentiometer auf den zu übertragenden Geräuschpegel eingestellt werden. Die im Aufbauplan 75 und im Schaltplan 75a punktiert eingezeichnete Linie zeigt uns, wie auch ein Tonbandgerät oder ein Cassetten-Recorder an unsere Abhöranlage angeschlossen werden kann. In diesem Fall ist das Aufnahmegerät mit dem genormten Überspielkabel an der Buchse unseres Electronic-Studios anzuschließen. Es ist zu beachten, daß die Potentiometer-Einstellung die Tonqualität des Aufnahmegerätes beeinflussen kann.

Eine spezielle Schaltungsbeschreibung erübrigt sich, weil uns die prinzipielle Funktion der Schaltung von vorangegangenen Versuchen hinreichend bekannt ist. Für das folgende Experiment kann die Schaltung weitgehend bestehen bleiben.

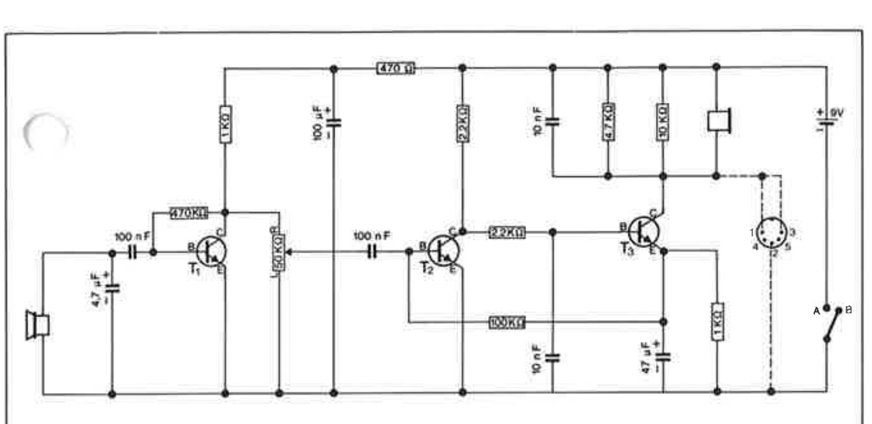


Abb. 75 a

Abb. 75

Hochempfindliche Telefon-Mithörschaltung

In Büros werden oft sogenannte Telefon-Verstärker eingesetzt. Solche Geräte haben den Vorteil, daß z. B. mehrere Personen ein Gespräch mithören können, und daß der Telefonierende den Hörer aus der Hand legen kann, weil der Gesprächspartner durch die Verstärkerschaltung über einen Lautsprecher zu hören ist.

Wir haben aber auch schon davon gehört, daß Telefonleitungen von Unbefugten „angezapft" wurden, um geheime Telefongespräche mitzuhören.
In diesen Fällen wird das Telefon, bzw. die Telefonleitung nicht durch eine Drahtverbindung „angezapft", sondern es erfolgt eine „induktive Anzapfung": In der Telefonleitung und damit auch im Telefonapparat ist eine Wechselspannung vorhanden. Diese Wechselspannung erzeugt in unmittelbarer Nähe ein geringes Magnetfeld. Bringen wir eine Spule (z. B. unsere Ferritantenne) an dieses Magnetfeld heran, wird in der Antennenspule ebenfalls eine Wechselspannung erzeugt, die über unseren 3-stufigen Verstärker im Ohrhörer als Sprache oder Musik zu hören ist.

Achtung! Das „Anzapfen" von Telefonleitungen ist strengstens verboten, und sogenannte Telefonverstärker sind bei der Bundespost gebührenpflichtig anzumelden. Wir dürfen daher unsere Experimente nur an einer Haustelefonanlage vornehmen. Auch eine Lautsprecherleitung kann für diesen Versuch einbezogen werden (wenn der Lautsprecher in Betrieb ist).
Wie aus dem Aufbauplan 76 und Schaltplan 76a ersichtlich ist, wird gegenüber der vorangegangenen Schaltung lediglich der Lautsprecher mit der Ferritantenne ausgetauscht. Der Baustein Ferritantenne kann bis zu 3 m verlängert und damit aus dem Electronic-Studio herausgenommen werden. In Schiebeschalterstellung A können wir die über eine Haustelefonanlage geführten Gespräche im Ohrhörer mithören. Hierzu bringen wir die Ferritantenne an eine günstige Stelle des Telefonapparats oder an die Verbindungsleitung zwischen 2 Gesprächsteilnehmern. Die Lautstärkeregelung erfolgt am Potentiometer.

Die Ferritantenne bringt in gleicher Weise eine Wechselspannung zu unserer Verstärkerschaltung, wie dies zuvor bei dem als Mikrofon benutzten Lautsprecher beschrieben wurde.

Auch für den folgenden Versuch können wir die jetzt aufgebaute Schaltung bei geringer Änderung nochmals verwenden.

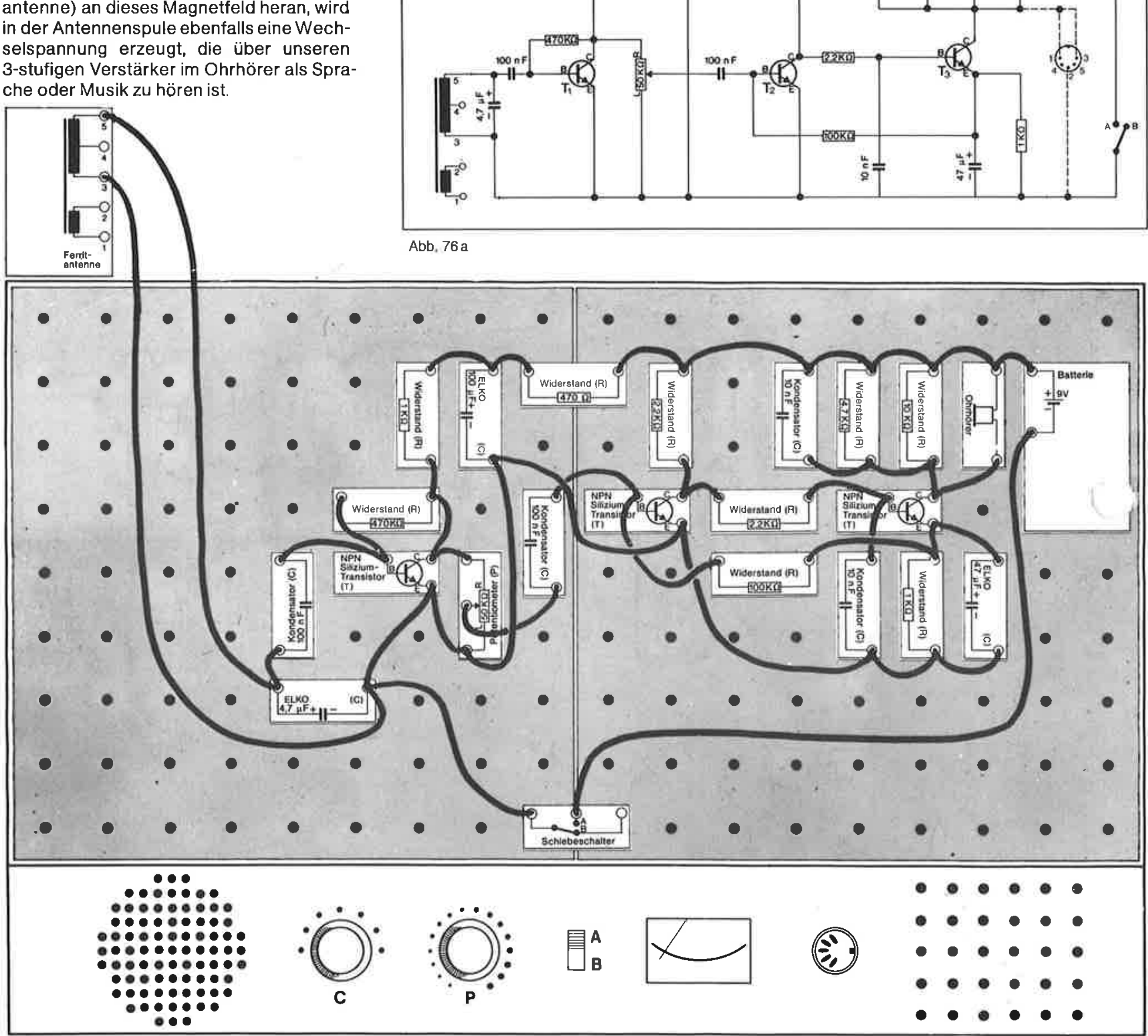


Abb. 76 a

Abb. 76

Leitungs-Suchgerät für elektrische Installationsleitungen

Dieses drahtlose Stromprüfgerät, gemäß Aufbauplan 77, kann uns eine wertvolle Hilfe im Haushalt sein. Wenn wir z. B. ein Bild aufhängen wollen, ergibt sich beim Einschlagen des Nagels oft die Frage, ob wir auf eine unter Putz verlegte Elektroleitung stoßen (was unter Umständen recht gefährlich sein kann).

Mit unserem Gerät können wir verborgene elektrische Leitungen orten, vorausgesetzt, daß in dieser Leitung ein Wechselstrom (mit wenigstens 60 Watt) fließt. In einem zu überprüfenden Raum werden alle Lampen eingeschaltet, wobei auch an eventuellen Steckdosen entsprechende Stromverbraucher (Stehlampe, Radiogeräte usw.) in Betrieb sein müssen. Mit der verlängerten Ferritantenne können wie die Elektroinstallationsleitungen verfolgen.

Es ist auch möglich (als Reparaturhilfe) zu überprüfen, ob in einem Haushaltsgerät (z. B. Elektroboiler, Heizdecke, Kaffeemaschine usw.) ein Strom fließt.

Gegenüber der vorangegangenen Telefon-Mithörschaltung ergibt sich folgende geringfügige Änderung: Der im Schaltplan 77a enthaltene 100 nF Kondensator an der Basis von T 1 wird gegen einen 10 µF Elko ausgetauscht, wobei die Plusseite des Elkos zur Basis des Transistors T 1 führt. In Schiebeschalterstellung A ist unser Gerät betriebsbereit. Die durch eine entsprechende Leitungsverlängerung (max. 3 m) aus dem Electronic-Studio herausführende Ferritantenne wird langsam und sehr dicht über der zu prüfenden Fläche bewegt. Sobald wir uns bis auf ca. 5 cm einer stromführenden Leitung nähern, ertönt im Ohrhörer ein Brummton. Das Brummen wird um so lauter, je mehr sich die Ferritantenne der Leitung nähert, und je mehr Strom in dieser Leitung fließt.

Der Wechselstrom in der Leitung erzeugt ein magnetisches Wechselfeld, wodurch in die Spule unserer Ferritantenne eine sehr kleine Wechselspannung induziert wird. Diese Wechselspannung wird in unserer Schaltung vielfach verstärkt und ist im Ohrhörer zu hören. Bei dem Brummen handelt es sich um einen niederfrequenten 100-Hz-Ton.

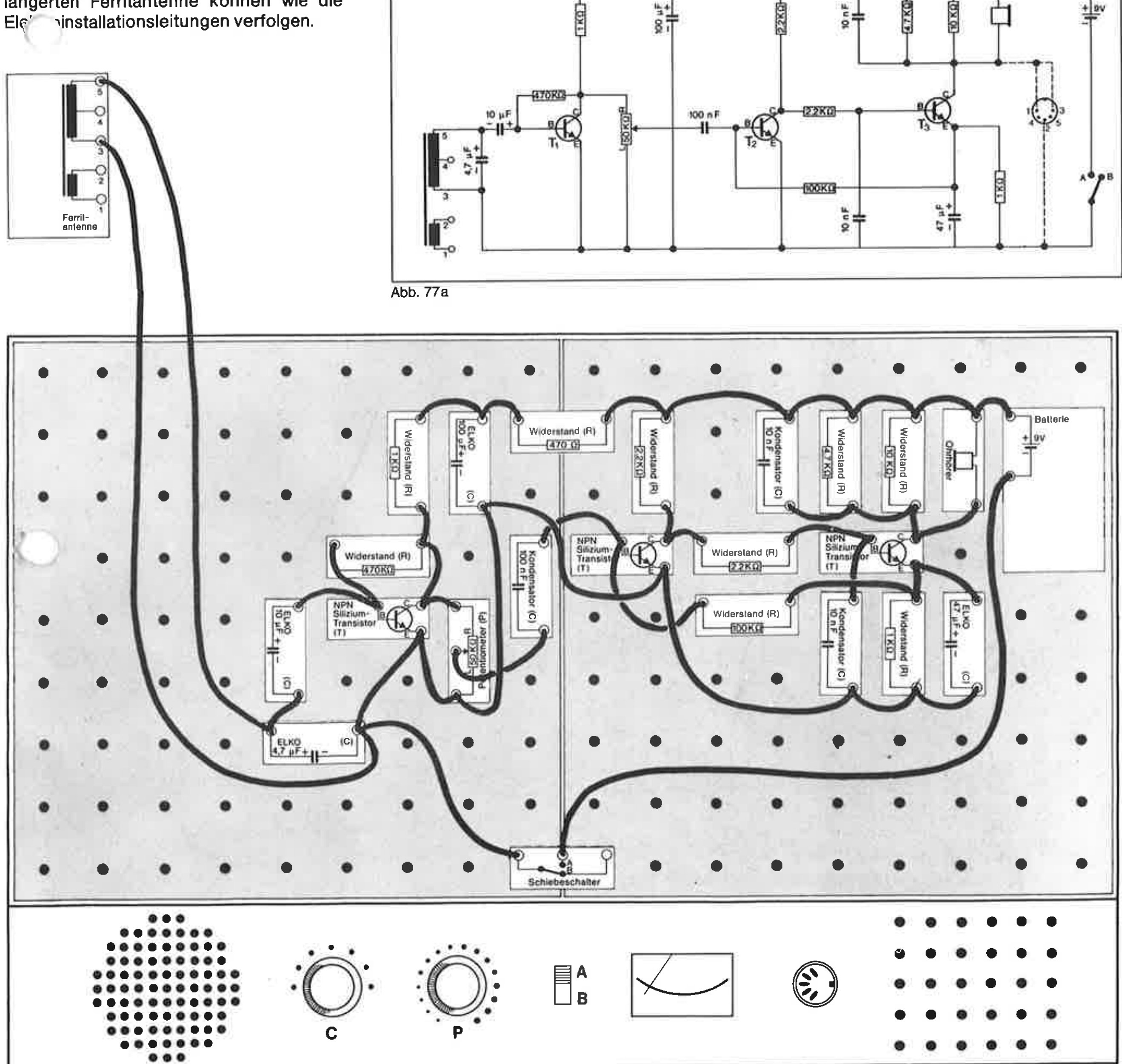


Abb. 77a

Abb. 77

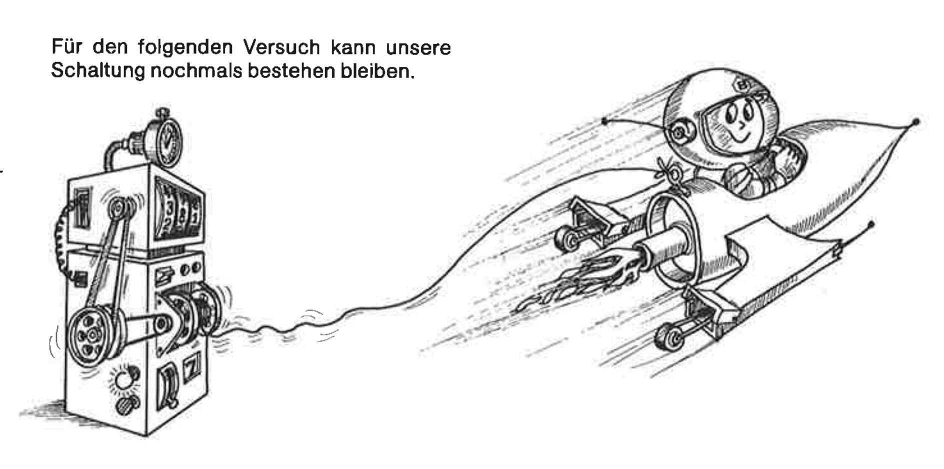
Beschleunigungs-Meßgerät

Bei einem Auto wird die Drehung eines Rades durch eine biegsame Welle zum Geschwindigkeitsmesser übertragen. Je schneller die Radumdrehungen, um so weiter schlägt der Geschwindigkeitsmesser aus.

Bei einem Flugzeug oder bei einer Rakete wird die Beschleunigung elektronisch gemessen und in einem Rechner ausgewertet. Das Prinzip eines elektronischen Beschleunigungsmessers demonstriert die Schaltung gemäß Abbildungen 78 und 78a. Bei unserem Gerät handelt es sich wieder um einen 3-stufigen NF-Verstärker, welcher allerdings etwas anders aufgebaut ist, als die vorangegangenen Schaltungen. Er bevorzugt nämlich Schwingungen sehr langsamer Frequenz. Schwingungen höherer Frequenz oder gar der hörbaren Niederfrequenz werden im wesentlichen unterdrückt.

Nach dem Einschalten müssen wir ca. 1-2 Minuten warten, bis am Meßinstrument ein Zeigerausschlag festgestellt wird. Mit dem Potentiometer wird der Zeiger in Mittelstellung gebracht. Wir nehmen unser Electronic-Studio in beide Hände (Rauchglas-Abdeckung geschlossen) und heben es an. Je schneller diese Bewegung erfolgt, um so stärker ist der Zeigerausschlag des Instruments. Bewegen wir das Gerät abwärts, erfolgt ein Zeigerausschlag nach der anderen Seite.

Für den folgenden Versuch kann unsere Schaltung nochmals bestehen bleiben.



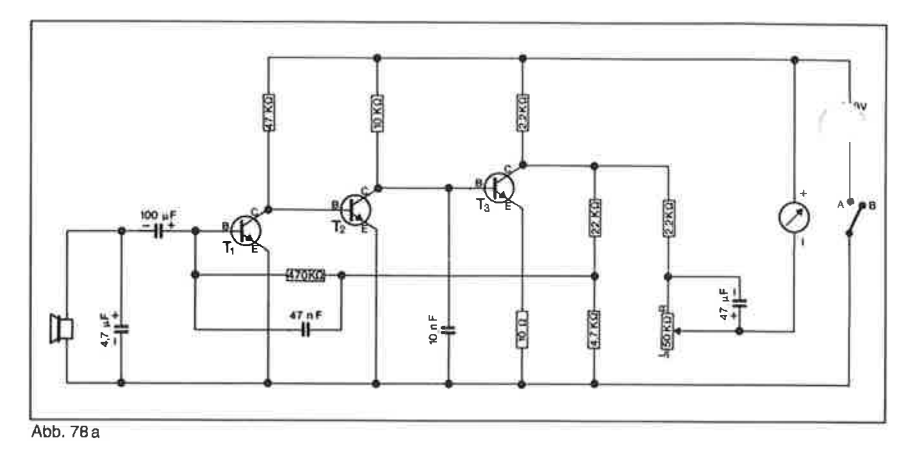
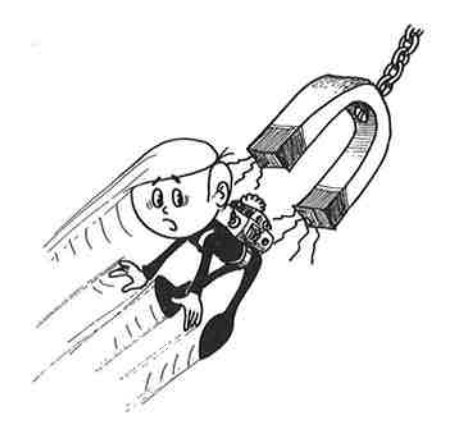


Abb. 78a

Abb. 78



Magnetfeld-Ortungsgerät

Mit diesem Magnetfeld-Tester kann die Existenz von Magnetfeldern (auch magnetisierter Teile) nachgewiesen werden. Gleichzeitig demonstriert das Gerät die Elektrizitäts-Erzeugung.

Die vorangegangene Schaltung wird geändert, indem lediglich der Lautsprecher gegen die Ferritantenne ausgetauscht wird (siehe Abbildungen 79 und 79a). Nach dem Einschalten ergibt sich wieder eine Wartezeit von 1-2 Minuten. Der Zeiger des Meßinstruments wird durch entsprechende Potentiometer-Einstellung ungefähr in Skalenmitte justiert. Nun nehmen wir einen kleinen Magneten, der sicherlich in jedem Haushalt vorhanden ist, und bewegen ihn entlang der Ferritantenne hin und her. Sofort ergibt sich auch am Instrument ein hin- und herpendelnder Zeigerausschlag.

Durch die Magnetbewegung werden Elektronen in der Drahtspule der Ferritantenne bewegt. Durch Hin- und Herbewegung ergibt sich eine Spannung, welche bei der einen Bewegungsrichtung positiv und bei der anderen Bewegungsrichtung negativ ist. Im Prinzip erzeugen wir einen Wechselstrom, welcher mit sehr langsamer Frequenz schwingt. Diese Wechselspannung wird in unserem 3-stufigen Verstärker so weit verstärkt, daß ein Zeigerausschlag feststellbar wird.

Nehmen wir die Ferritantenne durch eine entsprechende Leitungsverbindung aus dem Electronic-Studio heraus, dann können wir auch verborgene Magnetfelder aufspüren. Ist z.B. in einer Maschine ein kräftiger Dauermagnet eingebaut, bewegen wir an der vermuteten Stelle die Ferritantenne hin und her. Am Instrumentenausschlag können wir feststellen, ob ein Magnetfeld vorhanden ist.

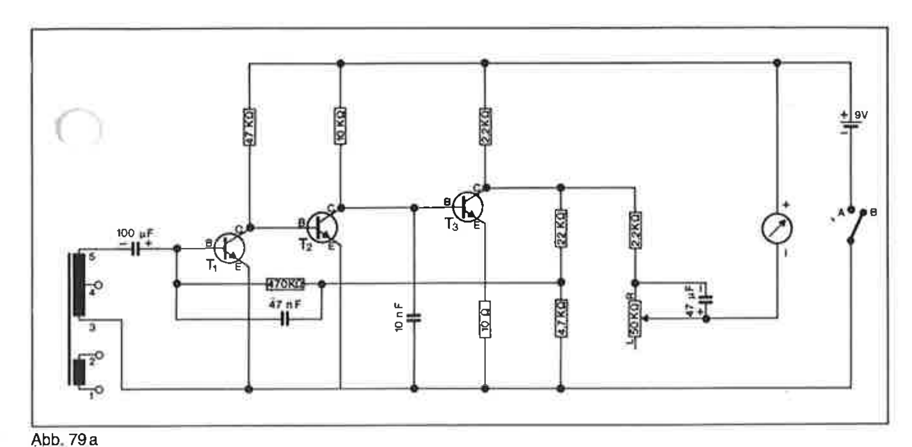
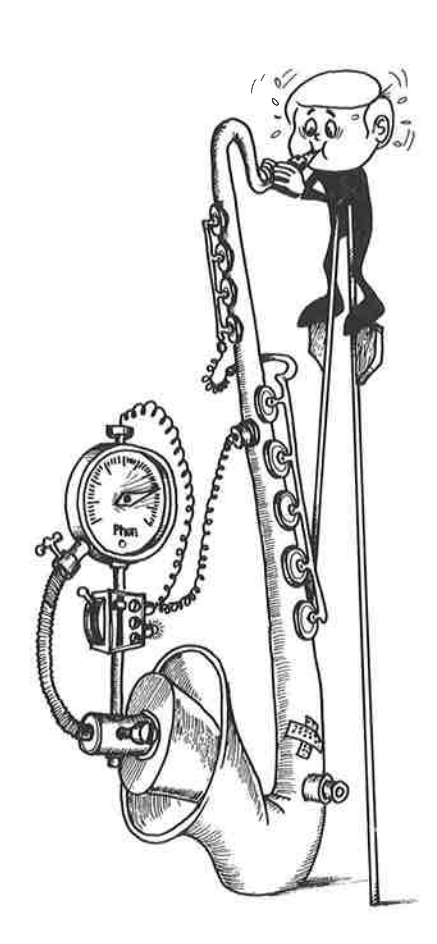


Abb. 79a

Abb. 79



Phonmesser (Lautstärke-Meßgerät)

Ein Phonmesser zeigt die Lautstärke eines Tones oder von Geräuschen an. Die Polizei überprüft mit derartigen Meßgeräten z.B. die Auspuffanlagen von Motorrädern, um festzustellen, ob durch unsachgemäße Änderungen der zulässige Geräuschpegel (Phonzahl) überschritten wird.

Bei Geburtstagspartys kleiner Geschwister kann das Gerät zur allgemeinen Belustigung als „Schrei-o-mat" eingesetzt werden, um festzustellen, wer am lautesten schreien kann.

Wir bauen den Phonmesser gemäß Aufbauplan 80, bzw. Schaltplan 80a auf. Die Schaltung besteht aus einem 3-stufigen NF-Verstärker, an dessen Eingang der Lautsprecher als Mikrofon angeschlossen ist. Die vom Lautsprecher abgegebene NF-Wechselspannung wird im Verstärker verstärkt, am Collector von T 3 abgenommen und über die Gleichrichter-Diode dem Instrument zugeführt. Dementsprechend schlägt das Instrument um so weiter aus, je größer die vom Lautsprecher erzeugte Geräuschspannung ist. Mit dem Potentiometer kann das Instrument dem Geräuschpegel angepaßt werden.

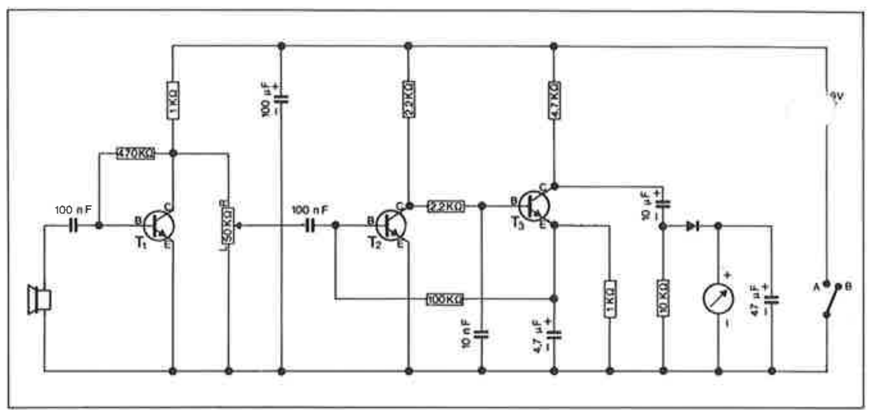
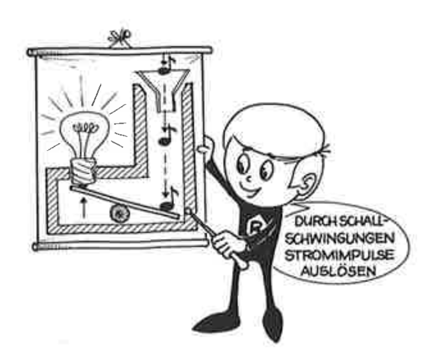


Abb. 80 a

Abb. 80



1-Kanal Lichtorgel

Bei den ersten Experimenten haben wir die prinzipielle Funktion einer Lichtorgelschaltung bereits kennengelernt. Die nun nach den Abbildungen 81 und 81a aufzubauende Lichtorgel ist wesentlich empfindlicher und reagiert durch häufigere und schnellere Blinklicht-Effekte im Takt von Sprache, Musik oder Geräusche. Dies können wir feststellen, wenn wir unser Electronic-Studio mit der aufgebauten Schaltung vor einem Radiogerät aufstellen. Mit dem Potentiometer können wir die Schaltung aussteuern.

Der als Mikrofon verwendete Lautsprecher erzeugt NF-Schwingungen, die in den Transistoren T 1 und T 2 verstärkt werden. Das verstärkte Signal wird am Collector des Transistors T 2 abgenommen und gelangt über den 100 nF Kondensator und 1 kΩ Widerstand an die Basis von T 3. T 3 ist durch das Potentiometer so eingestellt, daß er gerade noch voll durchschaltet. Das NF-Signal bewirkt nun, daß der Transistor T 3 im Takt der NF sperrt, wodurch über die Diode ein Ladestrom in den 10 µF Elko fliessen kann. Jetzt wird T 4 angesteuert und die Lampe brennt. Unsere Lichtorgelschaltung reagiert bevorzugt auf mittlere Tonfrequenzen (Sprache, Gesang usw.).

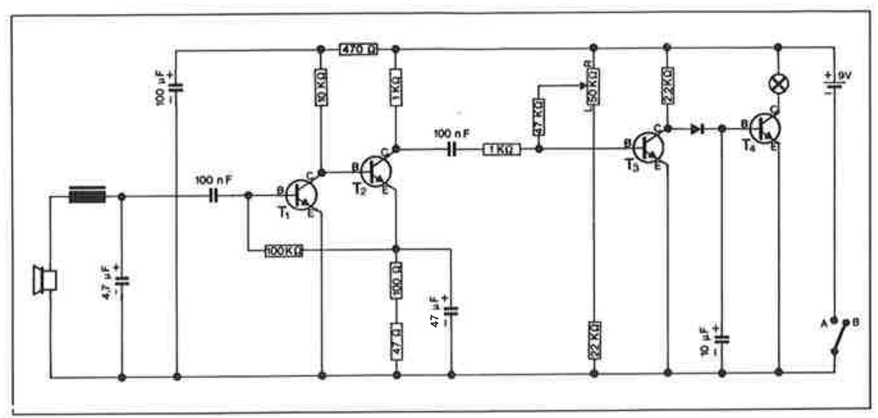


Abb. 81a

Abb. 81

Verzeichnis der Bauelemente im Electronic-Studio 2069

Anzahl	Bauelement	Wert	Einzelbestell-Nummer
1	Anleitungsbuch		20699
2	NPN-Transistoren		20611
1	Elektrolyt-Kondensator (Elko)	4,7 µF	20641
1	Elektrolyt-Kondensator (Elko)	47 µF	20643
2	Scheibenkondensatoren	10 pF	20662
1	Scheibenkondensator	0,1 nF	20663
1	Scheibenkondensator	47 nF	20667
1	Scheibenkondensator	100 nF	20669
1	Widerstand	10 Ω	20681
1	Widerstand	47 Ω	20682
1	Widerstand	2,2 kΩ	20686
1	Widerstand	22 kΩ	20689
1	Widerstand	100 kΩ	20691
1	Leuchtdiode (LED)		20723
1	Drosselspule 2 mH		20730
1	Meßinstrument		20745
1	Überspielbuchse		20746
22	abisolierte Kabelabschnitte (14 rot, 4 cm lang/3 grün, cm/2 gelb, 10 cm/2 braun, 18 cm/1 grau, 35 cm)		
16	gelbe Plastikstecker		20795
1	Zweipol. Baustein zum Selbstbestücken		02079

Inhaltsverzeichnis

Perfekt weiter experimentieren ...

Ergänzungspackung IC-Verstärkertechnik 2072

ab 12 Jahre



Ideal zur Ergänzung
der Electronic-Studios 2065, 2070 und 2090.

Dieser Zusatzkasten „IC-Verstärkertechnik" bringt Power und den Hifi-Super-Sound!

Geräteschaltungen: Das ausführliche Anleitungsbuch mit über 50 Abbildungen und Aufbauplänen zeigt 30 tonerzeugende Erweiterungsschaltungen für Rundfunkempfänger mit HiFi-Klang, Phono-Verstärker mit Power-Endstufe, elektronische Orgel, Spinett und Hawaii-Gitarre, Rhythmusgerät, Wechselsprechanlagen, HiFi-Mono-Verstärker mit Höhen- und Baß-Regelung, HiFi-Stereo-Verstärker, Telefon-Verstärker, Vibrato-Orgel mit Lichtsteuerung, Hall-Effekte, elektronischer Pausenzeichengeber, Tonübertragung durch Licht usw. Ein echter 2-Kanal-HiFi-Stereo-Verstärker ist durch Verwendung von 2 x 2072 möglich.

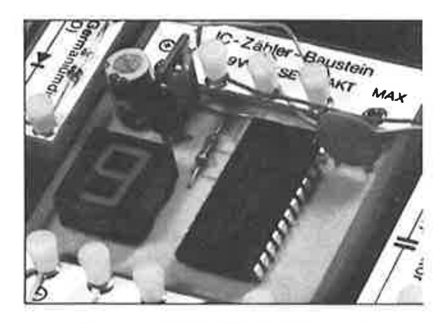
Inhalt: Auf einem Spezial-Baustein mit eingearbeiteter Platine ist ein hochwertiger NF-Leistungsverstärker aufgebaut, bestehend aus einem Verstärker-IC, mehreren Elkos, Scheibenkondensatoren, Widerständen und Trimmpotentiometer zum Abstimmen. Mit der u. a. beigegebenen Anschlußbuchse ist auch das Überspielen auf große Aussenlautsprecher (HiFi-Boxen) möglich.

Digital-Technik 2075

Grundkasten
ab 14 Jahre



Erweiterungsfähig mit den Electronic-Studios 2070 und 2090.



Das Studio „Digital-Technik" erklärt die Grundlagen der Rechner- und Computer-Technik. Selbstständiger Experimentierkasten und gleichzeitig Ergänzungskasten.

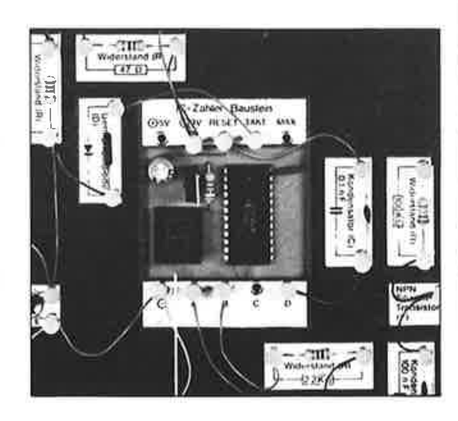
Kernstück ist ein IC-Zähler-Baustein mit 7-Segment-Leuchtziffernanzeige und einem integrierten Schaltkreis mit über 350 Transistor-Funktionen. Dieser IC (ein sog. 4-Bit-Counter-Latch-Decoder) enthält außer einem Zähler, einen Speicher und einen Decoder zur Ansteuerung der Leuchtanzeige.

Die Digital-Elektronik erobert sich immer weitere Anwendungsgebiete. Bekannteste Beispiele für diese neue Technik sind Computer und Taschenrechner. Die Digital-Technik wird jedoch auch in der Unterhaltungselektronik bei Fernsehgeräten und großen Receivern genauso eingesetzt wie bei Digitaluhren oder zur Programmsteuerung von Waschmaschinen. Das neueste technische Wunder, der Mikroprozessor (siehe 2090) arbeitet ebenfalls nach den Grundregeln der Digital-Technik.

Geräteschaltungen: Das ausführliche Anleitungsbuch mit über 100 Abbildungen und Schaltplänen bringt 30 hochinteressante Experimente wie z. B. Prinzip der Digitaluhr, programmierbarer Zähler, elektronisches Roulett mit Leuchtanzeige, Memory-Schaltung, digitaler Speicher, elektronischer Rechner, Digital-Stoppuhr, Opto-elektronischer-Addierer, Frequenz-Meßgerät, Prinzip des Synthesizers, Opto-akustischer-Zähler, Digital-Analog-Konverter, Digital-Volt-Meter, elektronische Spieluhr usw.

Das Studio Digital-Technik ist gl[illegible]ig empfehlenswerte Vorstufe zum Microtronic-Computer-System 2090.

Inhalt: Über 60 Einzelteile u. a. hochwertiger IC-Zähler-Baustein mit Leuchtanzeige, IC-Gatter-Baustein sowie Widerstände, Elkos, Kondensatoren, Leuchtdiode, Taster, Batteriehalter, Kabel und Klemmstecker.



Ergänzungspackung Netzgerät 2059



Für sämtliche Electronic-Studios geeignet.

Für alle, die länger experimentieren oder aufgebaute Geräteschaltungen (z. B. Wecker-Radios) im Dauereinsatz verwenden, wird die Anschaffung des speziellen Netzteils 2059 empfohlen. Der Steckbaustein des Netzteils wird in gleicher Weise wie der sonst übliche Batterie-Baustein innerhalb der Schaltungen eingesetzt. Das Gerät spart Batterien und sorgt immer für die richtig dosierte Spannung.

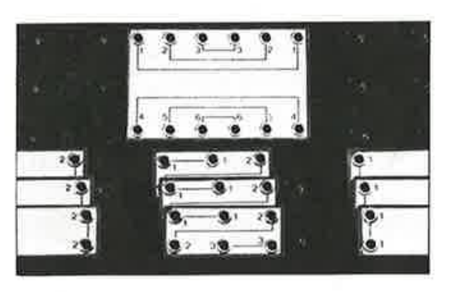
Das Netzteil 2059 ist ein kompakter, doppelt isolierter Sicherheitstransformator. Die integrierte elektronische Stabilisierung sorgt für gleichmäßige Spannungsabgabe mit Brummsiebung (wichtig bei Radioversuchen).

Eingang (primär) 220 V Wechselstrom.
Ausgang (sekundär) 9 V Gleichstrom, maximal 200 mA.
Kurzschlußsicher nach VDE-Richtlinien geprüft.

Ergänzungspackung 2079

Steckbausteine zum Selbstbestücken.

Möglichkeiten des unendlichen Weiterexperimentierens: ohne zu löten beliebige elektronische Bauelemente auf den Bausteinen befestigen.
Inhalt: 10 Bausteine und 45 Klemmstecker. Für die leichte Selbstmontage von 2-, 3- oder 6-poligen Bauelementen wie Widerstände, Kondensatoren, Transistoren, Thyristoren, Spulen, Transformatoren, Schaltrelais usw.

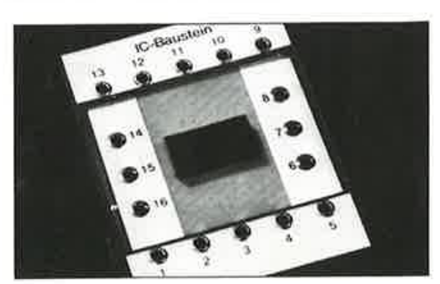


Ergänzungspackung 2089

IC-Fassungen zum Selbstbestücken.

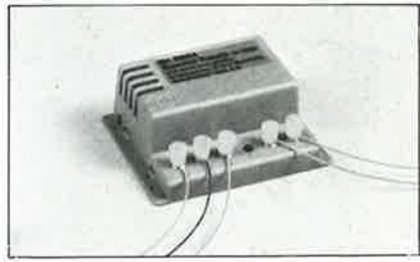
Wenn durch die Experimente mit den Electronic-Studios 2072 und 2075 und vor allem beim Mikro-Computer 2090 erste IC-Erfahrungen vorhanden sind, ergeben sich mit diesen Selbstbestückbaren IC-Bausteinen unendliche Erweiterungsmöglichkeiten.

Inhalt: 2 Bausteine zum Einstecken beliebiger IC's bis 16 Anschluß-Pins, sowie 40 Klemmstecker. Ausführliche Anleitung mit Hinweisen auf die gebräuchlichsten IC-Typen, Anwendungsbeispielen mit Schalt- und Aufbau-Plänen.



Schwachstrom-Spezial-Relais 5964

Dieses Relais kann durch einen minimalen Steuerstrom (6-24 V, 50 mA) der Electronic-Studio-Schaltungen oder durch den Computer 2090 angesteuert werden und schaltet (in Verbindung z. B. mit einem Eisenbahn-Trafo) bis zu 8 A bei 16 V. Ideal bei Experimenten mit Licht-, Schall- und zeitabhängigen Schaltungen mit der Modelleisenbahn. Auch in Verbindung mit der BUSCH IR-Lichtschranke/Zeitschalter 5961 verwendbar (siehe BUSCH Modellbahn-Zubehör-Katalog).



Netzstrom-Schaltgerät 2087

für alle Electronic-Studios und Computer 2090.

Das Schaltgerät wird durch die mit den Electronic-Studios aufgebauten Schaltungen mit der Experimentier-Niederspannung (6-9 V) angesteuert und löst über ein Relais Schaltvorgänge im Lichtstromnetz (220 V max. 1000 Watt) aus. Z. B. Ein- und Ausschaltung von Radios, Tonbandgeräte, Warnanlagen, Heizlüfter usw. Die Starkstromseite ist völlig gekapselt und von der Schwachstromseite getrennt, daher auch von Laien und Kindern absolut gefahrlos zu bedienen.
Nach VDE-Vorschriften geprüft. Ausführliche Anleitung mit Schaltbeispielen.



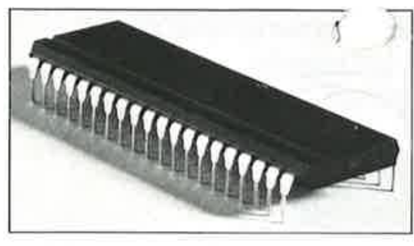
Anfang 1982 lieferbar



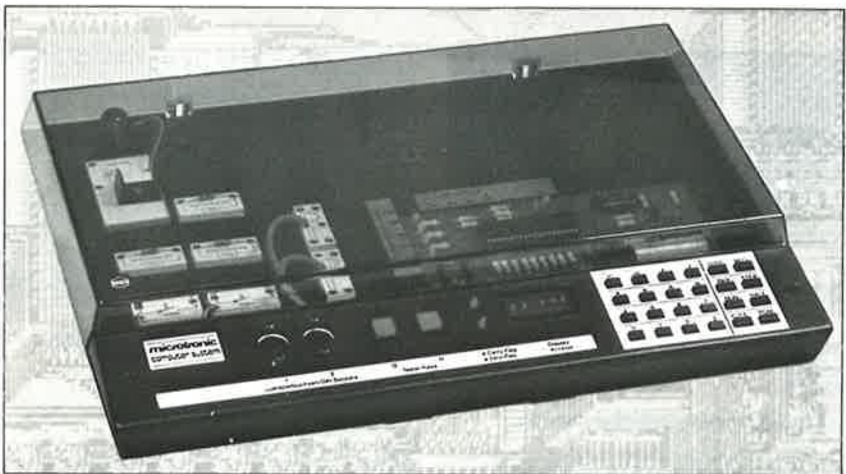
Computer-System Microtronic 2090
ab 16 Jahre

Erweiterungsfähig mit allen BUSCH-Electronic-Studios sowie Netzstrom-Schaltgerät 2087 und Spezial-Relais 5964.





Unscheinbarer schwarzer IC-Block:
Der Mikro-Prozessor



- **Programmieren**
- **experimentieren**
- **spielend lernen**

wie ein Computer funktioniert.

Wie man ihn programmiert. Wie er durch Befehlseingabe Daten anzeigt und zu Programmabläufen speichert. Wie auf Abruf immer wieder neue Funktionen und Aufgaben ausgeführt werden.
BUSCH-Microtronic ist ein betriebsfertig installiertes Mikro-Computer-System. Microtronic arbeitet als Rechner, oder als sekundengenaue Digital-Leuchtuhr. Er kann Melodien komponieren und er ist Spielepartner.*)

Er kann Reaktionszeiten, Temperaturen und Spannungen messen. Er steuert Schaltrelais, ermittelt Lottozahlen, oder wird zum Weckerradio umgebaut. Er zählt, wieviel Personen einen Raum betreten und wieder verlassen haben. Er verführt seinen Benutzer zu einem Reaktionszeittest, verwandelt Buchstaben in Morsezeichen, berechnet den persönlichen Bio-Rhythmus und ... und ... und..

Die Beschäftigung mit einem Computer erfordert und fördert logisches Denkvermögen. Es ist immer wieder faszinierend ein derartiges technisches Gehirn durch Eingabe logischer Befehle zu zwingen, die kompliziertesten Aufgaben und Berechnungen auszuführen.

*) Spielmöglichkeiten in der Art von Mastermind, Super-Hirn, Code-Brecher, Nimm-Spiele, Tic-Tac-Toe, Mondlandung, See-Schlacht, Würfel- und Roulettspiele.

Seine Befehle erhält der Computer über eine Tastatur mit 24 Funktions- und Programm-Steuertasten. Er kann auch Informationen weiterverarbeiten, die über vier „Eingangskanäle" von elektronischen Schaltungen, Lichtschranken, Fotowiderständen, akustischen Signalen usw., herangeführt werden.

Die Befehle, Programmabläufe und Ergebnisse sind auf einem „Mini-Bildschirm" (6-stellige Leuchtanzeige) sichtbar. Sieben zusätzliche Leuchtdioden dienen zur Computer-Funktionskontrolle. Vier „Ausgangskanäle" geben die Ergebnise oder auszu[illegible]e Funktionen an anschließbare Rela[illegible]der andere elektronische Schaltungen weiter.

Zwei zusätzliche Funktionstasten dienen der Steuerung und Überwachung von Daten-Ein- und Ausgängen. An 2 eingebauten Normbuchsen können Daten-Ein- und Ausgangsleitungen z. B. für die Programmabspeicherung auf Kassettenrecorder usw., angeschlossen werden.

Außerdem ist ein Signaltongeber, einige Elektronik-Bausteine sowie ein Netzgerät (Sicherheitstransformator zum Anschluß an Netzsteckdose) im Lieferumfang enthalten.

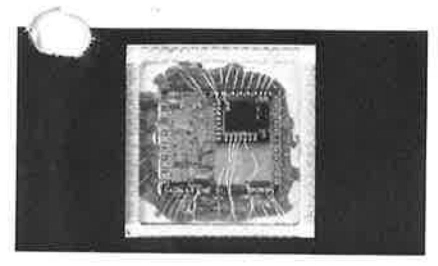
Das ausführliche Anleitungsbuch führt innerhalb weniger Minuten zum ersten Erfolgserlebnis und zeigt durch viele Programmbeispiele und Experimente, wie das Microtronic-Computer-System für unendliche Anwendungsbereiche nutzbar gemacht wird.

Konzeption und Logik:
Das elektronische Experimentier-System von



In Zusammenarbeit mit dem Elektronik-Magazin





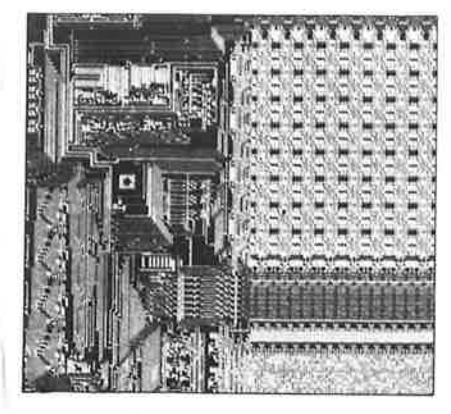
In seinem Innern ein Chip, ca. 4,5 x 5,5 mm.
Goldfäden führen zu den Anschlußbeinchen.

Das Herz des Microtronic-Computer-Systems:

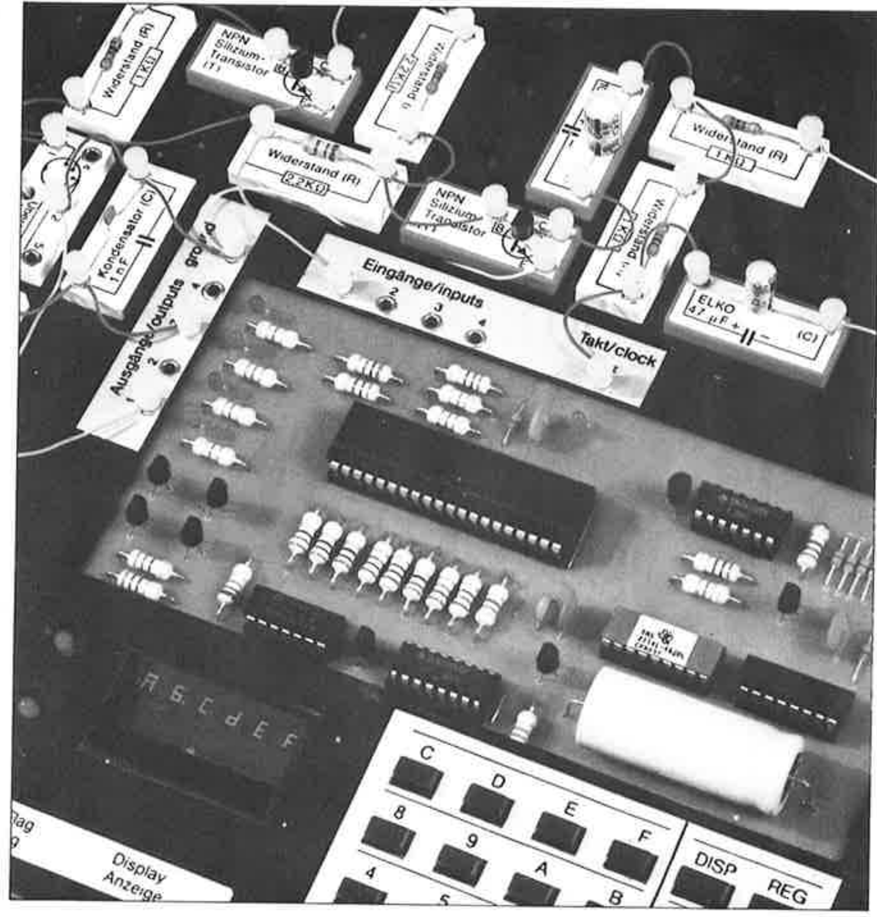
Der Mikroprozessor.

Der Mikroprozessor, ein schwarzer IC-Block mit 40 Anschlußbeinchen ist die „Kommandozentrale" des Computers. In seinem Innern befindet sich ein Chip (ein winziges „Plättchen" ca. 5 x 5 mm groß). Dieser Chip enthält ein unvorstellbar komplexes elektronisches „Schaltwerk", mit ca. 35.000 Transistor-Funktionen. Ein technisches Wunder, in langer Entwicklungszeit speziell für das Micro-tr[illegible]omputer-System vorprogrammiert.

Im Mikroprozessor integriert, ist ein aufwendiges System-Steuerprogramm zur Überwachung und Ausführung der Programmabläufe. In einem „Speicher" können bis zu 256 Programmbefehle eingegeben und auf Abruf gespeichert werden.



Ein stark vergrößerter Ausschnitt des Chip:
Ein Schaltwerk mit ca. 35.000 Transistor-Funktionen



Das Microtronic-Computer-System ist eine hervorragende Arbeitsgrundlage für Gymnasien und Hochschulen. Als Einstieg für den Informatiker-Nachwuchs und für Betriebswirtschaftler zum Kennenlernen der Datenverarbeitung. Für Techniker als programmierbares Testgerät zu Überprüfung eines geplanten Mikroprozessor-Einsatzes.

Spezielle technische Informationen finden Sie im Microtronic-Sonderprospekt. Bitte beim Fachhandel, oder direkt bei uns (gegen DM –,60 Rückporto) anfordern.

Das Microtronic-Computer-System:

Hobby der Zukunft, die bereits begonnen hat!

